

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-218831

(43)Date of publication of application : 31.07.2003

(51)Int.Cl.

H04J 11/00

H04B 3/54

(21)Application number : 2002-015058

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO  
LTD

(22)Date of filing : 24.01.2002

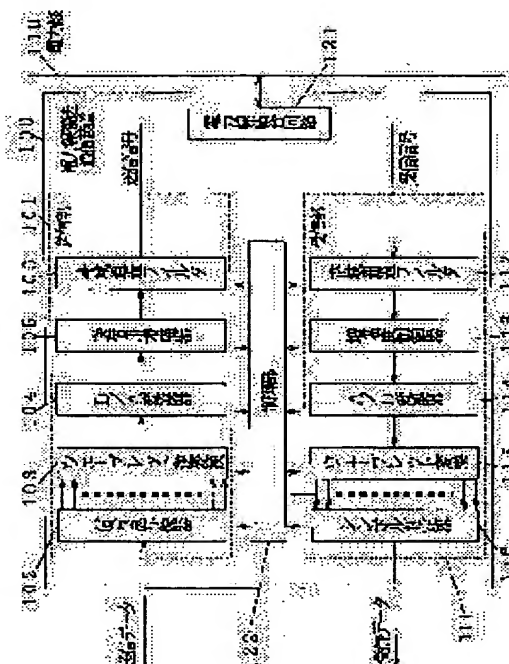
(72)Inventor : KODAMA NOBUTAKA  
KOGA HISAO

## (54) POWER LINE CARRIED COMMUNICATION APPARATUS

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a power line carried communication apparatus which makes possible communication even by excluding guard intervals, and obtains a sufficient attenuation in a working band of the existing system without a band rejection filter.

SOLUTION: A transmitter 101 comprises, a signal point mapper 102 for mapping a plurality of bit strings generated from transmission data on signal points of the respective subcarriers, a wavelet inverse transformer 103 for modulating the respective subcarriers with mutually orthogonal wavelet waveforms to generate temporal waveform sequence data, and a D/A converter 104 for converting the temporal waveform sequence data into analog data. A receiver 111 comprises, an A/D converter 114 for obtaining sampling sequence waveform data from power line communication signals, a wavelet transformer 115 for transforming the sampling sequence waveform data to signal point data of the respective subcarriers, and a symbol determiner 116 for inversely mapping a plurality of signal point data to discriminate the bit strings mapped by the mapper 102 and combining them as received a data sequence.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

17.01.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

Best Available Copy

**THIS PAGE BLANK (USPTC)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-218831

(P2003-218831A)

(43) 公開日 平成15年7月31日 (2003.7.31)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テームト<sup>\*</sup>(参考)

H 0 4 J 11/00

H 0 4 J 11/00

Z 5 K 0 2 2

H 0 4 B 3/54

H 0 4 B 3/54

5 K 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2002-15058(P2002-15058)

(22) 出願日 平成14年1月24日 (2002.1.24)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 児玉 宣貴

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 古賀 久雄

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

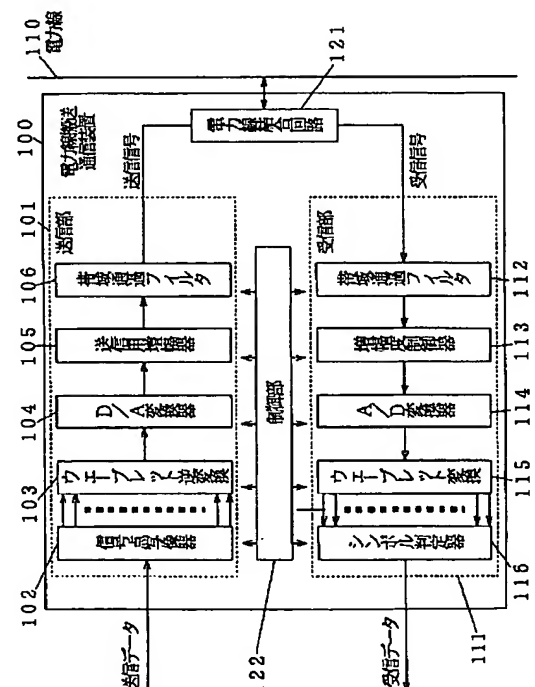
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力線搬送通信装置

(57) 【要約】

【課題】 ガードインターバルを排除しても通信が可能で帯域阻止フィルタ無しに既存システムの使用帯域で十分な減衰量を得られる電力線搬送通信装置を目的とする。

【解決手段】 送信部101は、送信データから生成した複数のビット列を各サブキャリアの信号点に写像する信号点写像器102と、互いに直交したウェーブレット波形で各サブキャリアの変調を行い時間波形系列データの生成を行うウェーブレット逆変換103と、時間波形系列データをアナログ変換するD/A変換器104とを有し、受信部111は、電力線通信信号からサンプリング系列波形データを得るA/D変換器114と、サンプリング系列波形データを各サブキャリアの信号点データに変換するウェーブレット変換115と、複数の信号点データを逆写像して信号点写像器102で写像されたビット列を判別し受信データ系列として合成するシンボル判定器116とを有する。



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】送信部と、受信部と、前記送信部からの信号を電力線に対して電力線通信用信号として重畳すると共に電力線から電力線通信用信号のみを抽出する電力線結合回路と、前記送信部と前記受信部の各構成要素を制御する制御部とを有し、複数のサブキャリアを用いて通信を行う電力線搬送通信装置であって、

前記送信部は、入力される送信データから複数のビット列を生成して前記ビット列を各サブキャリアの信号点に写像する信号点写像器と、前記信号点写像器により写像された各サブキャリアの信号点データに基づき互いに直交したウェーブレット波形をもって各サブキャリアの変調を行うことにより時間波形系列データの生成を行うウェーブレット逆変換器と、前記ウェーブレット逆変換器による時間波形系列データをアナログ変換するD/A変換器とを有し、

前記受信部は、前記電力線結合回路により電力線から抽出された電力線通信用信号をディジタル変換してサンプリング系列波形データを得るA/D変換器と、前記A/D変換器によるサンプリング系列波形データを各サブキャリアの信号点データに変換するウェーブレット変換器と、前記ウェーブレット変換器から出力される複数の信号点データを逆写像して前記信号点写像器で写像されたビット列を判別し受信データ系列として合成するシンボル判定器とを有することを特徴とする電力線搬送通信装置。

【請求項2】送信部と、受信部と、前記送信部からの信号を電力線に対して電力線通信用信号として重畳すると共に電力線から電力線通信用信号のみを抽出する電力線結合回路と、前記送信部と前記受信部の各構成要素を制御する制御部とを有し、複数のサブキャリアを用いて通信を行う電力線搬送通信装置であって、

前記送信部は、入力される送信データから複数のビット列を生成して前記ビット列を各サブキャリアの信号点に写像する信号点写像器と、前記信号点写像器により写像された各サブキャリアの信号点データに基づき互いに直交したウェーブレット波形をもって各サブキャリアの変調を行うことにより時間波形系列データの生成を行うウェーブレット逆変換器と、前記ウェーブレット逆変換器から出力される時間波形系列データを任意の搬送波周波数帯域に周波数シフトする送信用周波数変換器と、前記送信用周波数変換器から出力される時間波形系列データをアナログ変換するD/A変換器とを有し、

前記受信部は、前記電力線結合回路により電力線から抽出された電力線通信用信号をディジタル変換してサンプリング系列波形データを得るA/D変換器と、前記A/D変換器によるサンプリング系列波形データをベースバンド帯域へ周波数シフトしてベースバンド信号系列を得る受信用周波数変換器と、前記受信用周波数変換器から出力されたベースバンド信号系列を各サブキャリアの信

2

号点データに変換するウェーブレット変換器と、前記ウェーブレット変換器から出力される複数の信号点データを逆写像して前記信号点写像器で写像されたビット列を判別し受信データ系列として合成するシンボル判定器とを有することを特徴とする電力線搬送通信装置。

【請求項3】送信部と、受信部と、前記送信部からの信号を電力線に対して電力線通信用信号として重畳すると共に電力線から電力線通信用信号のみを抽出する電力線結合回路と、前記送信部と前記受信部の各構成要素を制御する制御部とを有し、複数のサブキャリアを用いて通信を行う電力線搬送通信装置であって、

前記送信部は、入力される送信データから複数のビット列を生成して前記ビット列を各サブキャリアの複素信号点に写像する信号点写像器と、前記信号点写像器により写像された各サブキャリアの複素信号点データに基づき互いに直交したウェーブレット波形をもって各サブキャリアの変調を行うことにより複素時間波形系列データの生成を行うウェーブレット逆変換器と、前記ウェーブレット逆変換器から出力される複素時間波形系列データを直交変調することにより任意の搬送波周波数帯域に周波数シフトする直交変調器と、前記直交変調器から出力される複素時間波形系列データをアナログ変換するD/A変換器とを有し、

前記受信部は、前記電力線結合回路により電力線から抽出された電力線通信用信号をディジタル変換してサンプリング系列波形データを得るA/D変換器と、前記A/D変換器によるサンプリング系列波形データをベースバンド帯域へ周波数シフトしてベースバンド信号系列を得る直交復調器と、前記直交復調器から出力されたベースバンド信号系列を各サブキャリアの信号点データに変換するウェーブレット変換器と、前記ウェーブレット変換器から出力される複数の信号点データを逆写像して前記信号点写像器で写像されたビット列を判別し受信データ系列として合成するシンボル判定器とを有することを特徴とする電力線搬送通信装置。

【請求項4】前記ウェーブレット逆変換器と前記ウェーブレット変換器は、完全再構成あるいは疑似完全再構成の重複直交変換機能または一般化重複直交変換機能を有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置。

【請求項5】前記ウェーブレット逆変換器と前記ウェーブレット変換器は、変調重複変換機能または拡張変調重複変換機能を有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置。

【請求項6】前記ウェーブレット逆変換器と前記ウェーブレット変換器は、ポリフェーズフィルタバンク回路によって構成することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置。

【請求項7】前記ウェーブレット逆変換器と前記ウェーブレット変換器は、ラティス構造のフィルタバンク回路

50

(3)

3

によって構成することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置。

【請求項8】前記ウェーブレット逆変換器と前記ウェーブレット変換器は、重複係数に応じたフィルタ長の異なる複数のフィルタ係数パターンを有し、送信部から送信される電力線通信信号や、伝送路の変動、受信レベル等の受信条件に応じて、前記複数のフィルタ係数パターンの中から適切なフィルタ係数パターンを選択することを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置。

【請求項9】前記ウェーブレット逆変換器と前記ウェーブレット変換器は、重複係数に応じた複数の平面回転角パターンを有し、送信部から送信される電力線通信信号や、伝送路の変動、受信レベル等の受信条件に応じて、前記複数の平面回転角パラメータの中から適切な平面回転角パラメータを選択することを特徴とする請求項7に記載の電力線搬送通信装置。

【請求項10】前記制御部は、前記信号点写像器に対してデータをマッピングし変調するサブキャリアを選択する選択信号を出力し、前記信号点写像器は、前記選択信号に基づき、選択されたサブキャリアに対してはデータをマッピングし、選択されなかったサブキャリアに対するデータはゼロをマッピングすることを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置。

【請求項11】前記制御部は、前記シンボル判定器による判定結果を用いて、電力線上の雑音状態を信号電力対雑音電力比で推定することにより、相対的に大きな雑音が定常的に存在する周波数帯域を検出し、前記送信部は大きな雑音が定常的に存在する周波数帯域上のサブキャリアについては前記信号点写像器に対して前記選択信号を出さないように制御することを特徴とする請求項10に記載の電力線搬送通信装置。

【請求項12】前記制御部は、前記信号点写像器による信号点写像とサブキャリアへの前記選択信号の制御について、通信速度を優先する場合には、信号点写像器で写像される信号点数を増やすことで多値化し、データ伝送の信頼性を優先する場合には、信号点写像器で写像される信号点数を減らして2値化することを特徴とする請求項10または11に記載の電力線搬送通信装置。

【請求項13】前記制御部は、前記信号点写像器による信号点写像と各サブキャリアへの前記選択信号の制御について、各サブキャリアの誤り率を調査し、各サブキャリアの中で、誤り率の小さいサブキャリアから優先的に通信に使用するように制御することを特徴とする請求項10乃至12のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置。

【請求項14】前記制御部は、前記送信用増幅器の利得を前記受信部で受信した受信信号の信号電力対雑音電力比に基づいて設定することを特徴とする請求項1乃至13のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置。

4

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電力線を利用してデータ伝送を行う電力線搬送通信装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】電力線搬送通信装置は、各家庭に既にある電力線をネットワーク伝送路として利用することで、すぐに家庭内通信網が構築できることが大きな特長である。しかしながら、電力線搬送通信装置は、平衡度の悪い電力線を通信媒体として信号を送受信するため、電力線からの漏洩電力が大きい。また、高速電力線搬送通信に必要な周波数帯域では、アマチュア無線や短波放送などが既に周波数帯域を利用しているため、これら既存通信システムに対する電力線搬送通信装置からの干渉が問題となる。各国で定められた電波法や通信法による規制事項には、使用周波数帯や許容電界強度といった項目について多種多様な制限が加えられており、これらに準じて通信に利用する周波数帯域を制限することが必要となる。また、電力線搬送通信装置の通信媒体となる一般の電力線には多種多様な電気機器が接続されるため、通信性能を左右する電力線のインピーダンス、電力線上の雑音、伝送中の信号減衰量などは、各家庭の電灯線の配線状態により個々に違い、電力線に接続されている電気機器によっても変化し、さらにその特性は周波数によっても大きく異なる。

【0003】このように、電力線を通信媒体とした電力線搬送通信では、電力線のインピーダンス変動や雑音、信号減衰などによる通信障害や、他の既存通信システムへの妨害が懸念される。このため、一時的な通信障害をもつ周波数帯の使用を回避する仕組みと各国の法規制に柔軟に対応するための仕組み、すなわち通信に使用する周波数帯と使用しない周波数帯とをきちんと区別し、さらに、それらを容易に変更できることが必要不可欠となる。この課題に対して、従来からマルチキャリア伝送方式を用いた提案が多く行われている。

【0004】電力線を通信媒体とした従来の電力線搬送通信装置としては、例えば特開2000-165304号公報に記載されている装置がある。

【0005】図25は、特開2000-165304号公報に記載された電力線通信装置を示すブロック図である。

【0006】図25において、600は電力線搬送通信装置、601はデータ分割器、602はQAM (Quadrature Amplitude Modulation) エンコーダ、603は逆フーリエ変換器、604は並直列変換器、605はD/A変換器、606は低域通過フィルタ、607は電力線結合回路、608は電力線、609は低域通過フィルタ、610はA/D変換器、611直並列変換器、612はフーリエ変換器、6

(4)

5

13はQAMデコーダ、614はデータ合成器である。

【0007】図25の構成を見て明らかなように、特開2000-165304号公報に記載されている電力線搬送通信装置は、フーリエ変換を利用した直交周波数分割多重(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)伝送(以下、「OFDM伝送」という)方式を電力線搬送通信に適用したものである。

【0008】次に、図25の電力線搬送通信装置について、その動作を説明する。

【0009】電力線608への送信動作については、まず、送信データがデータ分割器601に inputs され、複数のサブキャリアに割り当てるためのビット列が生成される。次に、このビット列がQAMエンコーダ602によって複素信号に変換され、逆フーリエ変換器603、並直列変換器604を介して、周波数分割多重化された時間サンプル系列が生成される。この時間サンプル系列は、D/A変換器605、低域通過フィルタ606および電力線結合回路607を介して、電力線608へ送信される。逆に、電力線608からの受信動作においては、A/D変換器610は、電力線結合回路607と低域通過フィルタ609を介して受信したアナログ信号(電力線通信用信号)をディジタル信号に変換する。次に、このディジタル信号は、直並列変換器611、フーリエ変換器612を介して、各周波数毎のQAMコードに変換される。そして、この各QAMコードをQAMデコーダ613によってそれぞれ復調し、この復調されたデータをデータ合成器614によって合成する。

【0010】以上のように、この電力線搬送通信装置によれば、OFDM伝送方式によって送信信号を複数の周波数スペクトルをもつ搬送波(サブキャリア)で構成し、電力線の雑音や減衰量の周波数特性に従って、それらの各サブキャリアに重畳する情報量を適応的に変化させることにより、周波数を高効率で利用し、伝送速度を向上させて通信できるという効果がある。また、任意のサブキャリアを使用しないように送信側の回路を制御することによって、伝送路環境が劣悪な周波数帯での通信は避け、伝送路の状態が良好な周波数帯で積極的に多値変調を行うことによって、安定した通信を行うことが可能となっている。さらに、この制御によって、各国の法規制に準じた信号を出力することもできる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の電力線搬送通信装置では、以下のような問題点があった。これを図26、図27を用いて説明する。図26はガードインターバルの仕組みを示すグラフであり、図27はOFDMのフィルタバンク特性を示すグラフである。

【0012】従来の電力線搬送通信装置では、電力線を使用した通信においてフーリエ変換を用いたOFDM伝

6

送が行われているが、フーリエ変換を用いたOFDM伝送はマルチパスの影響を低減するために、図26に示すようなガードインターバル区間を信号区間に設ける必要がある。ガードインターバル区間は情報伝送から見れば冗長であり、その分、周波数利用効率を低下させる。また、ガードインターバル区間は短いほど伝送効率は向上するが、受信側でマルチパスの影響を受け易くなり、誤り率特性の劣化を招く。電力線通信環境はマルチパスによる遅延波の遅延時間が特に大きいため、ガードインターバル区間を大きくする必要があり、結果として伝送速度を犠牲にする割合が著しく大きなものとなる。また、既存システムへの干渉回避について、従来の方法では、サブキャリアに対してデータを割り当てない(マスクすることにより、既存システムの使用帯域における信号の振幅を理論的にゼロにする方式がとられる。図19

(後述する)に、OFDM方式で使用しない帯域に対してマスクを行った例を示す。確かにマスクされたサブキャリアの振幅は出ていないが、隣接するサブキャリアのサイドローブの漏込みにより、13dB程度の減衰しか得られない。OFDMの場合は矩形波を窓関数に使用してフーリエ変換を行っているため、図27に示すように、メインローブに対するサイドローブの減衰が13dB程度しか得られない。そのため既存通信システムへの妨害を十分に小さくすることができない。特に高速電力線搬送通信が使用する周波数帯域には、アマチュア無線や短波放送など受信感度の高い無線システムが既に多数存在する。これら既存システムへの影響を回避するには、既存システムが使用している帯域に対しては送信しないようにする必要がある。このため、従来の方法では新たに帯域阻止フィルタを設置する必要があった。この帯域阻止フィルタが回路規模の増大を招き、また高速で動作する必要があることから消費電力を増大させる要因の一つとなっている。

【0013】この電力線搬送通信装置では、伝送速度劣化の要因となるガードインターバルを排除しても通信が可能で、各国の電波法規制に応じて通信に利用する周波数帯域を限定し、回路規模増大の要因となる帯域阻止フィルタを設置することなしに既存システムの使用帯域において十分な減衰量を得ることが要求されている。

【0014】本発明は、このような要求を満たすため、伝送速度劣化の要因となるガードインターバルを排除しても通信が可能で、各国の電波法規制に応じて通信に利用する周波数帯域を限定し、回路規模増大の要因となる帯域阻止フィルタを設置することなしに既存システムの使用帯域において十分な減衰量を得ることのできる電力線搬送通信装置を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明の電力線搬送通信装置は、送信部と、受信部と、送信部からの信号を電力線に対して電力線通信用信

(5)

7

号として重畳すると共に電力線から電力線通信用信号のみを抽出する電力線結合回路と、送信部と受信部の各構成要素を制御する制御部とを有し、複数のサブキャリアを用いて通信を行う電力線搬送通信装置であって、送信部は、入力される送信データから複数のビット列を生成してビット列を各サブキャリアの信号点に写像する信号点写像器と、信号点写像器により写像された各サブキャリアの信号点データに基づき互いに直交したウェーブレット波形をもって各サブキャリアの変調を行うことにより時間波形系列データの生成を行うウェーブレット逆変換器と、ウェーブレット逆変換器による時間波形系列データをアナログ変換するD/A変換器とを有し、受信部は、電力線結合回路により電力線から抽出された電力線通信用信号をディジタル変換してサンプリング系列波形データを得るA/D変換器と、A/D変換器によるサンプリング系列波形データを各サブキャリアの信号点データに変換するウェーブレット変換器と、ウェーブレット変換器から出力される複数の信号点データを逆写像して信号点写像器で写像されたビット列を判別し受信データ系列として合成するシンボル判定器とを有する構成を備えている。

【0016】これにより、伝送速度劣化の要因となるガードインターバルを排除しても通信が可能で、各国の電波法規制に応じて通信に利用する周波数帯域を限定し、回路規模増大の要因となる帯域阻止フィルタを設置することなしに既存システムの使用帯域において十分な減衰量を得ることのできる電力線搬送通信装置が得られる。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明の請求項1に記載の電力線搬送通信装置は、送信部と、受信部と、送信部からの信号を電力線に対して電力線通信用信号として重畳すると共に電力線から電力線通信用信号のみを抽出する電力線結合回路と、送信部と受信部の各構成要素を制御する制御部とを有し、複数のサブキャリアを用いて通信を行う電力線搬送通信装置であって、送信部は、入力される送信データから複数のビット列を生成してビット列を各サブキャリアの信号点に写像する信号点写像器と、信号点写像器により写像された各サブキャリアの信号点データに基づき互いに直交したウェーブレット波形をもって各サブキャリアの変調を行うことにより時間波形系列データの生成を行うウェーブレット逆変換器と、ウェーブレット逆変換器による時間波形系列データをアナログ変換するD/A変換器とを有し、受信部は、電力線結合回路により電力線から抽出された電力線通信用信号をディジタル変換してサンプリング系列波形データを得るA/D変換器と、A/D変換器によるサンプリング系列波形データを各サブキャリアの信号点データに変換するウェーブレット変換器と、ウェーブレット変換器から出力される複数の信号点データを逆写像して信号点写像器で写像されたビット列を判別し受信データ系列として合成する

8

シンボル判定器とを有することとしたものである。

【0018】この構成により、OFDM伝送方式で必要であったガードインターバルという冗長な信号部分が必要でなくなり、周波数利用効率を向上することができ、また、複素演算を必要とするフーリエ変換を実部の演算のみで行うウェーブレット変換で実現しているので、演算量を削減することができ、回路規模を低減することができるという作用を有する。また、伝送速度劣化の要因となるガードインターバルを排除しても通信が可能であり、各国の電波法規制に応じて通信に利用する周波数帯域を限定し、回路規模増大の要因となる帯域阻止フィルタを設置することなしに既存システムの使用帯域において十分な減衰量を得ることができるという作用を有する。

【0019】請求項2に記載の電力線搬送通信装置は、送信部と、受信部と、送信部からの信号を電力線に対して電力線通信用信号として重畳すると共に電力線から電力線通信用信号のみを抽出する電力線結合回路と、送信部と受信部の各構成要素を制御する制御部とを有し、複数のサブキャリアを用いて通信を行う電力線搬送通信装置であって、送信部は、入力される送信データから複数のビット列を生成してビット列を各サブキャリアの信号点に写像する信号点写像器と、信号点写像器により写像された各サブキャリアの信号点データに基づき互いに直交したウェーブレット波形をもって各サブキャリアの変調を行うことにより時間波形系列データの生成を行うウェーブレット逆変換器と、ウェーブレット逆変換器から出力される時間波形系列データを任意の搬送波周波数帯域に周波数シフトする送信用周波数変換器と、送信用周波数変換器から出力される時間波形系列データをアナログ変換するD/A変換器とを有し、受信部は、電力線結合回路により電力線から抽出された電力線通信用信号をディジタル変換してサンプリング系列波形データを得るA/D変換器と、A/D変換器によるサンプリング系列波形データをベースバンド帯域へ周波数シフトしてベースバンド信号系列を得る受信周波数変換器と、受信周波数変換器から出力されたベースバンド信号系列を各サブキャリアの信号点データに変換するウェーブレット変換器と、ウェーブレット変換器から出力される複数の信号点データを逆写像して信号点写像器で写像されたビット列を判別し受信データ系列として合成するシンボル判定器とを有することとしたものである。

【0020】この構成により、OFDM伝送方式で必要であったガードインターバルという冗長な信号部分が必要でなくなり、周波数利用効率を向上することができ、また、複素演算を必要とするフーリエ変換を実部の演算のみで行うウェーブレット変換で実現しているので、演算量を削減することができ、回路規模を低減することができるという作用を有する。また、伝送速度劣化の要因となるガードインターバルを排除しても通信が可能であ



(6)

9

り、各国の電波法規制に応じて通信に利用する周波数帯域を限定し、回路規模増大の要因となる帯域阻止フィルタを設置することなしに既存システムの使用帯域において十分な減衰量を得ることができるという作用を有する。さらに、任意の周波数帯へのシフトが可能になるので、例えば宅内と宅外で利用できる周波数帯が各国で異なる場合についても容易に対応することができ、ベースバンド伝送方式のみで対応するよりも、回路規模をさらに抑えることができるという作用を有する。

【0021】請求項3に記載の電力線搬送通信装置は、送信部と、受信部と、送信部からの信号を電力線に対して電力線通信用信号として重畳すると共に電力線から電力線通信用信号のみを抽出する電力線結合回路と、送信部と受信部の各構成要素を制御する制御部とを有し、複数のサブキャリアを用いて通信を行う電力線搬送通信装置であって、送信部は、入力される送信データから複数のビット列を生成してビット列を各サブキャリアの複素信号点に写像する信号点写像器と、信号点写像器により写像された各サブキャリアの複素信号点データに基づき互いに直交したウェーブレット波形をもって各サブキャリアの変調を行うことにより複素時間波形系列データの生成を行うウェーブレット逆変換器と、ウェーブレット逆変換器から出力される複素時間波形系列データを直交変調することにより任意の搬送波周波数帯域に周波数シフトする直交変調器と、直交変調器から出力される複素時間波形系列データをアナログ変換するD/A変換器とを有し、受信部は、電力線結合回路により電力線から抽出された電力線通信用信号をディジタル変換してサンプリング系列波形データを得るA/D変換器と、A/D変換器によるサンプリング系列波形データをベースバンド帯域へ周波数シフトしてベースバンド信号系列を得る直交復調器と、直交復調器から出力されたベースバンド信号系列を各サブキャリアの信号点データに変換するウェーブレット変換器と、ウェーブレット変換器から出力される複数の信号点データを逆写像して信号点写像器で写像されたビット列を判別し受信データ系列として合成するシンボル判定器とを有することとしたものである。

【0022】この構成により、OFDM伝送方式で必要であったガードインターバルという冗長な信号部分が必要でなくなり、周波数利用効率を向上することができ、また、複素演算を必要とするフーリエ変換を実部の演算のみで行うウェーブレット変換で実現しているので、演算量を削減することができ、回路規模を低減することができるという作用を有する。また、伝送速度劣化の要因となるガードインターバルを排除しても通信が可能であり、各国の電波法規制に応じて通信に利用する周波数帯域を限定し、回路規模増大の要因となる帯域阻止フィルタを設置することなしに既存システムの使用帯域において十分な減衰量を得ることができるという作用を有する。さらに、直交変復調により複素領域の信号点データ

10

を使用できるので、さらに周波数利用効率を向上させることができるという作用を有する。

【0023】請求項4に記載の電力線搬送通信装置は、請求項1乃至3のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置において、ウェーブレット逆変換器とウェーブレット変換器は、完全再構成あるいは疑似完全再構成の重複直交変換機能または一般化重複直交変換機能を有することとしたものである。

【0024】この構成により、ウェーブレット変換を実現するフィルタバンク回路の全フィルタに対して直線位相特性を持たすことができるので、フィルタバンクに必要な乗算器の個数を半分にすることができ、回路規模を小さくすることができるという作用を有する。また、各サブキャリアの周波数特性をメインローブを中心に急峻に設計できるので、受信時において他のサブキャリアからの干渉や帯域外の雑音による影響を低減することができるという作用を有する。

【0025】請求項5に記載の電力線搬送通信装置は、請求項1乃至3のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置において、ウェーブレット逆変換器とウェーブレット変換器は、変調重複変換機能または拡張変調重複変換機能を有することとしたものである。

【0026】この構成により、各サブキャリアの再度ろ周波数特性をメインローブを中心に更に急峻に設計できるので、電力線搬送通信装置において既存システムに影響を与えないようにする目的で従来は必要であった帯域阻止フィルタを必要とせず、受信時において他のサブキャリアからの干渉や帯域外の雑音による影響を低減することができるという作用を有する。

【0027】請求項6に記載の電力線搬送通信装置は、請求項1乃至5のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置において、ウェーブレット逆変換器とウェーブレット変換器は、ポリフェーズフィルタバンク回路によって構成することとしたものである。

【0028】この構成により、変調時と復調時における重複直交変換の際の演算を低レートで実行することができるので、動作クロック周波数を低くすることができるので、回路の消費電力を低減することができるという作用を有する。また、動作クロック周波数を低くすることにより、演算器を流用することができ、回路規模を小さくすることができるという作用を有する。

【0029】請求項7に記載の電力線搬送通信装置は、請求項1乃至5のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置において、ウェーブレット逆変換器とウェーブレット変換器は、ラティス構造のフィルタバンク回路によって構成することとしたものである。

【0030】この構成により、変調時と復調時における重複直交変換の際の演算を低レートで実行することができるので、動作クロック周波数を低くすることができるので、回路の消費電力を低減することができるという作用を有



(7)

11

する。また、高速DCTなどを併用することによって演算量も低減できるので、回路の消費電力および回路規模を小さくすることができるという作用を有する。

【0031】請求項8に記載の電力線搬送通信装置は、請求項1乃至6のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置において、ウェーブレット逆変換器とウェーブレット変換器は、重複係数に応じたフィルタ長の異なる複数のフィルタ係数パターンを有し、送信部から送信される電力線通信信号や、伝送路の変動、受信レベル等の受信条件に応じて、複数のフィルタ係数パターンの中から適切なフィルタ係数パターンを選択することとしたものである。

【0032】この構成により、伝送路の雑音状態が良好な場合の演算量を低減することができ、受信時の消費電力を削減することができ、また、雑音状態が劣悪な場合においても安定した受信を行うことができるという作用を有する。

【0033】請求項9に記載の電力線搬送通信装置は、請求項7に記載の電力線搬送通信装置において、ウェーブレット逆変換器とウェーブレット変換器は、重複係数に応じた複数の平面回転角パターンを有し、送信部から送信される電力線通信信号や、伝送路の変動、受信レベル等の受信条件に応じて、複数の平面回転角パラメータの中から適切な平面回転角パラメータを選択することとしたものである。

【0034】この構成により、伝送路の雑音状態が良好な場合の演算量を低減することができ、受信時の消費電力を削減することができ、また、雑音状態が劣悪な場合においても安定した受信を行うことができるという作用を有する。また、フィルタ係数を複数パターン用意する必要がなく、記憶容量を減らすことができるという作用を有する。

【0035】請求項10に記載の電力線搬送通信装置は、請求項1乃至9のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置において、制御部は、信号点写像器に対してデータをマッピングし変調するサブキャリアを選択する選択信号を出力し、信号点写像器は、選択信号に基づき、選択されたサブキャリアに対してはデータをマッピングし、選択されなかったサブキャリアに対するデータはゼロをマッピングすることとしたものである。

【0036】この構成により、出力するサブキャリアを容易に選択することができ、特定の周波数にのみ信号を出力することが可能になり、国別の法規制によって各国毎に使用可能な周波数が異なる場合であっても、容易に対応することができるという作用を有する。

【0037】請求項11に記載の電力線搬送通信装置は、請求項10に記載の電力線搬送通信装置において、制御部は、シンボル判定器による判定結果を用いて、電力線上の雑音状態を信号電力対雑音電力比で推定することにより、相対的に大きな雑音が定常的に存在する周波

12

数帯域を検出し、大きな雑音が定常的に存在する周波数帯域上のサブキャリアについては信号点写像器に対して選択信号を出さないように制御することとしたものである。

【0038】この構成により、電力線上のノイズ状態を把握することができ、使用可能なサブキャリアを選択することができ、あらかじめ大きなノイズ成分が存在する周波数位置を避けるようにサブキャリアを選定して、より信頼性の高い通信を行うことができるという作用を有する。

【0039】請求項12に記載の電力線搬送通信装置は、請求項10または11に記載の電力線搬送通信装置において、制御部は、信号点写像器による信号点写像とサブキャリアへの選択信号の制御について、通信速度を優先する場合には、信号点写像器で写像される信号点数を増やすことで多値化し、データ伝送の信頼性を優先する場合には、信号点写像器で写像される信号点数を減らして2値化することとしたものである。

【0040】この構成により、伝送速度を指定する速度に容易に変更することができ、また指定された伝送速度を実現する以外のサブキャリアを別の通信に利用することができるので、帯域の利用効率を向上させることができるという作用を有する。

【0041】請求項13に記載の電力線搬送通信装置は、請求項10乃至12のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置において、制御部は、信号点写像器による信号点写像と各サブキャリアへの選択信号の制御について、各サブキャリアの誤り率を調査し、各サブキャリアの中で、誤り率の小さいサブキャリアから優先的に通信に使用するように制御することとしたものである。

【0042】この構成により、誤り率の小さいサブキャリアから優先的に通信に使用するようにしたので、受信エラー数を減少させることができるという作用を有する。

【0043】請求項14に記載の電力線搬送通信装置は、請求項1乃至13のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置において、制御部は、送信用増幅器の利得を受信部で受信した受信信号の信号電力対雑音電力比に基づいて設定することとしたものである。

【0044】この構成により、電力線上のノイズレベルが低く通信エラーが発生しない場合には出力レベルを低下させることができるので、送信に必要な電力を削減することができるという作用を有する。

【0045】以下、本発明の実施の形態について、図1～図24を用いて説明する。

【0046】（実施の形態1）まず、フーリエ変換とウェーブレット変換による変復調の相違点について、図1、図2を用いて説明する。図1(a)はウェーブレットの時間波形の概念説明のためのグラフであり、図1(b)はウェーブレットの周波数スペクトルの概念説明

50

(8)

13

のためのグラフ2 (a) は直交変換におけるデータの流れを示す説明図、図2 (b) は重複直交変換におけるデータの流れを示す説明図である。

【0047】フーリエ変換を用いた変復調においては、互いに直交する複数の三角関数に矩形波の窓関数を乗算して各サブキャリアを構成し、その時の周波数特性はSinc関数 ( $\text{Sinx}/x$  関数) となる。一方、ウェーブレット変換を用いた変復調においては、各サブキャリアが互いに直交する複数のウェーブレットによって構成される。ここでいうウェーブレットとは、図1に示すように時間領域でも周波数領域でも局在する波形のことである。

【0048】また、フーリエ変換は、図2 (a) に示すように変換過程において入力信号のサンプル値を重複せずにブロック化する。図2 (a) における例では、分割数2の場合における入力信号のブロック化の流れを示している。一方、ウェーブレット変換は図2 (b) に示すように各変換過程において入力信号のサンプル値を分割数だけシフトさせた形で重複させてブロック化する。図2 (b) における例では、分割数2、重複度2の場合における入力信号のブロック化の流れを示している。両者の比較から1回の変換過程におけるフィルタ長が同じ分割数でも異なることが分かる。すなわち、フーリエ変換は分割数に対して一意的にサブキャリア波形の形状および時間長が決定されるが、ウェーブレット変換においては、入力信号の重複度によって形状および時間長を変化させることができるという自由度がある。

【0049】図3は、本発明の実施の形態1による電力線搬送通信装置を示すブロック図である。

【0050】図3において、101は送信部、111は受信部である。送信部101は、信号点写像器102と、ウェーブレット逆変換103と、D/A変換器104と、送信用増幅器105と、帯域通過フィルタ106とを備える。また、受信部111は、帯域通過フィルタ112、増幅度制御器113と、A/D変換器114と、ウェーブレット変換115と、シンボル判定器116とを備える。電力線搬送通信装置100は、送信部101と、受信部111と、電力線結合回路121と、制御部122とから構成される。

【0051】このように構成された電力線搬送通信装置の動作について、図4と図5を用いて説明する。図4は電力線搬送通信装置の送信部101の動作を説明するための説明図であり、図5は電力線搬送通信装置の受信部111の動作を説明するための説明図である。なお、ウェーブレット変換過程におけるサブキャリア数Nとフィルタ長Mには自由度があり、サブキャリアの数Nは2のべき乗、フィルタ長Mはサブキャリアの数Nの任意の整数倍の値をとることが可能である。しかし、本実施の形態では、説明を簡単にするため、使用周波数帯域を4分割するウェーブレットを使用する。すなわち、通信に使

14

用するサブキャリア数Nを4本として説明する。また、ウェーブレットを構成する各フィルタはサブキャリア数Nの2倍のフィルタ長を有し、2つの信号点データを用いて変換を行うものとする。

【0052】まず、図4を用いて、送信部101のデータの流れについて説明する。

【0053】信号点写像器102は、まず、送信するデータ (送信ビット系列) を適当な長さのビット列を複数生成する。例えば、「0001111010110100」というデータを、「00」、「01」、「11」、「10」、「10」、「11」、「01」、「00」のように2ビットずつに分割して各サブキャリアに割り当てるビット列を生成する。次に、信号点写像器102は、この生成した「00」、「01」、「11」、「10」の各ビット列をそれぞれ「+1」、「+3」、「-3」、「-1」といったパルス振幅変調 (Pulse Amplitude Modulation、PAM) に相当する信号点に写像する。そして、このPAM信号点データをウェーブレット逆変換103の入力部にT1のように割り当てる。ウェーブレット逆変換103は、T1のように割り当てられた2つの信号点データを用いて、ウェーブレット逆変換を行い、1シンボル期間における時間軸上の送信波形のサンプル値を出力する。D/A変換器104は、この時間サンプル値 (時間波形系列データ) を一定のサンプリング時間で出力する。送信用増幅器105は、この送信波形を送信信号レベルまで増幅し、帯域通過フィルタ106は、不要な周波数成分を除去する。電力線結合回路121は、帯域通過フィルタ106によって波形整形された信号を電力線通信信号として電力線110に出力する。以上が、送信時におけるデータの流れの説明である。

【0054】次に、図5を用いて受信部111のデータの流れについて説明する。

【0055】まず、電力線結合回路121は、電力線110から電力線通信信号を抽出する。帯域通過フィルタ112は、電力線結合回路121によって抽出した信号から帯域外の雑音信号を除去して増幅度制御器113に出力する。増幅度制御器113は、A/D変換器114のダイナミックレンジ内に収まるように信号レベルを調整し、A/D変換器114は、この信号波形を送信側のサンプリング・タイミングと同タイミングでサンプリングしてデジタル化する。ウェーブレット変換115は、この波形データをウェーブレット変換し、サブキャリア毎の信号点データを得る。シンボル判定器116は、この信号点データを逆写像し、最も近いと思われるビット列に復元し、受信データを得る。以上が、受信時におけるデータの流れの説明である。

【0056】なお、本実施の形態では、送信データを、順番に複数のサブキャリアに割り当てることで高速な通信を可能としているが、同じデータを同時に異なる複数

(9)

15

のサブキャリアに割り当てて送信することにより、より信頼性の高いデータ通信も可能になる。

【0057】上述したような構成により、OFDM伝送方式で必要であったガードインターバルという冗長的な信号部分が必要でなくなり、伝送効率を向上することが可能となる。また、複素演算を必要とするフーリエ変換を実部だけの演算のみで行うウェーブレット変換で実現しているため、演算量を削減することができ、回路規模を低減することができる。

【0058】（実施の形態2）図6は、本発明の実施の形態2による電力線搬送通信装置を示すブロック図である。本実施の形態では、実施の形態1におけるベースバンド信号を任意の搬送波を中心とする帯域信号に拡張する場合について説明する。

【0059】図6において、101は送信部、111は受信部である。送信部101は、信号点写像器102と、ウェーブレット逆変換103と、送信用周波数変換器としてのSSB（Single Side Band、片側帯域）変調器107と、D/A変換器104と、送信用増幅器105と、帯域通過フィルタ106とを備える。また、受信部111は、帯域通過フィルタ112と、増幅度制御器113と、A/D変換器114と、受信周波数変換器としてのSSB復調器117と、ウェーブレット変換115と、シンボル判定器116とを備える。電力線搬送通信装置100は、送信部101と、受信部111と、電力線結合回路121と、制御部122とから構成される。

【0060】このように構成された電力線搬送通信装置の動作について、図4と図5を用いて説明する。なお、本実施の形態では、説明を簡単にするため、使用周波数帯域を4分割するウェーブレットとし、ウェーブレットを構成する各フィルタはサブキャリア数Nの2倍のフィルタ長を有するものとする。また、本実施の形態における動作は、実施の形態1を周波数シフトする以外は同様である。

【0061】まず、図4を用いて、送信部101のデータの流れについて説明する。信号点写像器102は、まず、送信するデータ（送信ビット系列）を適当な長さのビット列を複数生成する。例えば、「0001111010110100」というデータを、「00」、「01」、「11」、「10」、「10」、「11」、「01」、「00」のように2ビットずつに分割して各サブキャリアに割り当てるビット列を生成する。次に、信号点写像器102は、この生成した「00」、「01」、「11」、「10」の各ビット列をそれぞれ「+1」、「+3」、「-3」、「-1」といったパルス振幅変調（PAM）に相当する信号点に写像する。そして、このPAM信号点データをウェーブレット逆変換103の入力部にT1のように割り当てる。ウェーブレット逆変換103は、T1のように割り当てられた2つの信号点デ

16

ータを用いて、ウェーブレット逆変換を行い、1シンボル期間における時間軸上の送信波形のサンプル値を出力する。SSB変調器107は、この送信サンプル系列を周波数シフトする。D/A変換器104は、周波数シフトされた時間サンプル値を一定のサンプリング時間で出力する。送信用増幅器105は、この送信波形を適当なレベルに増幅し、帯域通過フィルタ106は、不要な周波数成分を除去する。電力線結合回路121は、帯域通過フィルタ106によって波形整形された信号を電力線通信信用信号として電力線110に出力する。以上が、送信時におけるデータの流れの説明である。

【0062】次に、図5を用いて受信部111のデータの流れについて説明する。

【0063】まず、電力線結合回路121は、電力線110から電力線通信信用信号を抽出する。帯域通過フィルタ112は、電力線結合回路121によって抽出した信号から帯域外の雑音信号を除去して増幅度制御器113に出力する。増幅度制御器113は、A/D変換器114のダイナミックレンジ内に収まるように信号レベルを調整し、A/D変換器114は、この信号波形を送信側のサンプリング・タイミングと同タイミングでサンプリングしてデジタル化する。SSB復調器117は、このデジタル信号をベースバンド帯域にダウンコンバートする。ウェーブレット変換115はこの波形データをウェーブレット変換し、サブキャリア毎の信号点データを得る。シンボル判定器116は、この信号点データを逆写像し、最も近いと思われるビット列に復元し、受信データを得る。以上が、受信時におけるデータの流れの説明である。

【0064】この構成により、本発明における実施の形態1と同様にOFDM伝送方式で必要であったガードインターバルという冗長的な信号部分が必要なくなり、周波数利用効率を向上することが可能となる。また、複素演算を必要とするフーリエ変換を実部だけの演算のみで行うウェーブレット変換で実現しているため、演算量を削減でき、回路規模を低減することができる。さらに、任意の周波数帯へのシフトが可能となるため、例えば宅内と宅外で利用できる周波数帯が各国で異なる場合についても容易に対応することができ、ベースバンド伝送方式のみで対応するよりも回路規模をさらに抑えることが可能となる。

【0065】（実施の形態3）図7は、本発明の実施の形態3による電力線搬送通信装置を示すブロック図である。

【0066】図7において、101は送信部、111は受信部である。送信部101は、信号点写像器102と、ウェーブレット逆変換103と、直交変調器108と、D/A変換器104と、送信用増幅器105と、帯域通過フィルタ106とを備える。また、受信部111は、帯域通過フィルタ112、増幅度制御器113と、

(10)

17

A/D変換器114と、直交復調器118と、ウェーブレット変換115と、シンボル判定器116とを備える。電力線搬送通信装置100は、送信部101と、受信部111と、電力線結合回路121と、全体制御部122とから構成される。

【0067】このように構成された電力線搬送通信装置の動作について、図8と図9を用いて説明する。図8は電力線搬送通信装置の送信部101の動作を説明するための説明図であり、図9は電力線搬送通信装置の受信部111の動作を説明するための説明図である。なお、本実施の形態では、説明を簡単にするため、使用周波数帯域を4分割するウェーブレットを使用し、ウェーブレットを構成する各フィルタはサブキャリア数Nの2倍のフィルタ長を有するものとする。

【0068】まず、図8を用いて、送信部101のデータの流れについて説明する。

【0069】信号点写像器102は、まず、送信するデータ（送信ビット系列）を適当な長さのビット列を複数生成する。例えば、「0001111010110100」というデータを、「00」、「01」、「11」、「10」、「10」、「11」、「01」、「00」のように2ビットずつに分割して各サブキャリアに割り当てるビット列を生成する。次に、信号点写像器102は、この生成した「00」、「01」、「11」、「10」の各ビット列を直交振幅変調（Quadrature Amplitude Modulation、QAM）に対応する複素領域の信号点に写像する。そして、このQAM信号点データをウェーブレット逆変換103の入力部にT2のように割り当てる。このとき、複素信号点データを実部と虚部に分けて割り当てる。ウェーブレット逆変換103は、T2のように割り当てられた2つの信号点データによって、実部、虚部それぞれに対してウェーブレット逆変換を行い、1シンボル期間における時間軸上の送信波形のサンプル値を出力する。このとき、送信波形のサンプル値は複素数のままである。直交変調器108は、この複素信号を直交変調することにより、任意の搬送波帯域に周波数シフトする。D/A変換器104は、周波数シフトした時間サンプル値を一定のサンプリング時間で出力する。送信用増幅器105は、この送信波形を適当なレベルに増幅し、帯域通過フィルタ106は、不要な周波数成分を除去する。電力線結合回路121は、帯域通過フィルタ106によって波形整形された信号を電力線通信用信号として電力線110に出力する。以上が、送信時におけるデータの流れの説明である。

【0070】次に、図9を用いて受信部111のデータの流れについて説明する。

【0071】まず、電力線結合回路121は、電力線110から電力線通信用信号を抽出する。帯域通過フィルタ112は、電力線結合回路121によって抽出した信

18

号から帯域外の雑音信号を除去して増幅度制御器113に出力する。増幅度制御器113は、A/D変換器114のダイナミックレンジ内に収まるように信号レベルを調整し、A/D変換器114は、この信号波形を送信側のサンプリング・タイミングと同タイミングでサンプリングしてデジタル化する。直交復調器118は、波形データをベースバンド帯域にダウンコンバートし、複素ベースバンド信号に変換する。ウェーブレット変換115はこの複素波形データをウェーブレット変換し、サブキャリア毎の複素信号点データを得る。シンボル判定器116は、この信号点データを逆写像し、最も近いと思われるビット列に復元し、受信データを得る。以上が、受信時におけるデータの流れの説明である。

【0072】この構成により、OFDM伝送方式で必要であったガードインターバルという冗長的な信号部分が必要でなくなり、周波数利用効率を向上することが可能となる。また、直交変復調により複素領域の信号点データを使用できるため、さらに周波数利用効率が向上する。

【0073】（実施の形態4）本発明の実施の形態4による電力線搬送通信装置の構成は、図3、図6または図7に示す構成である。本実施の形態では、ウェーブレット逆変換103およびウェーブレット変換115を一般化重複直交変換（Generalized Lapped Orthogonal Transform、GLT）によって構成する場合について説明する。GLTは重複直交変換（Lapped Orthogonal Transform、LOT）の構成をフィルタのタップ数に関して一般化したものである。

【0074】図10（a）は4分割の完全再構成のGLTを実現するフィルタバンク回路の各フィルタのインパルス応答の例を示すグラフであり、図10（b）は4分割の完全再構成のGLTを実現するフィルタバンク回路の各フィルタの周波数応答の例を示すグラフである。

【0075】なお、本実施の形態では、GLTを実現するフィルタバンク回路をFIRフィルタ群で構成したが、ポリフェーズフィルタやラティス構造によっても構成可能である。また、完全再構成のGLTを実現するフィルタバンク回路の例を示したが、疑似完全再構成のフィルタバンク回路も適用可能である。疑似完全再構成とすることにより、完全再構成の場合よりもさらに、各サブキャリアにおけるサイドローブを小さくすることが可能となる。

【0076】図10のようなフィルタバンク回路を構成することにより、ウェーブレット変換を実現するフィルタバンク回路の全フィルタに対して直線位相特性を持たすことが可能となる。全てのフィルタが直線位相特性をもつので、フィルタバンクに必要な乗算器の個数を半分にすることができ、回路規模を小さくすることができ、また、各サブキャリアの周波数特性をメインローブ

(11)

19

を中心に急峻に設計できるため、受信時において、他のサブキャリアからの干渉や帯域外の雑音による影響を低減することが可能となる。

【0077】（実施の形態5）本発明の実施の形態5による電力線搬送通信装置の構成は、図3、図6または図7に示す構成である。本実施の形態では、ウェーブレット逆変換103およびウェーブレット変換115を拡張変調重複直交変換（Extended modulated Lapped Transform、ELT）によって構成する場合について説明する。ELTはMLT（Modulated Lapped Transform）の構成をフィルタのタップ数に関して一般化したものである。

【0078】図11（a）は4分割のELTを実現するフィルタバンク回路の各フィルタのインパルス応答の例を示すグラフであり、図11（b）は4分割のELTを実現するフィルタバンク回路の各フィルタの周波数応答の例を示すグラフである。

【0079】なお、本実施の形態では、ELTを実現するフィルタバンク回路をFIRフィルタ群で構成したが、ポリフェーズフィルタやラティス構造によっても構成可能である。

【0080】図11のようなフィルタ係数をもつフィルタバンク回路を構成することにより、実施の形態4に記載のLOTあるいはGLTよりも、さらに各サブキャリアのサイドローブを低減することが可能となる。各サブキャリアの周波数特性をメインローブを中心に急峻に設計できるため、電力線搬送通信装置100において既存システムに影響を与えないようにする目的で従来方式では必要となる帯域阻止フィルタを必要とせず、受信時において他のサブキャリアからの干渉や帯域外の雑音による影響を低減することが可能となる。

【0081】（実施の形態6）本発明の実施の形態6では、図3、図6、図7の電力線搬送通信装置100を構成するウェーブレット逆変換103およびウェーブレッ\*

20

\*ト変換115をポリフェーズフィルタによって構成する場合について、図12、図13を用いて説明する。図12（a）は一般的なFIRフィルタで構成した帯域合成フィルタバンク回路を示すブロック図であり、図12

（b）は一般的なFIRフィルタで構成した帯域分割フィルタバンク回路を示すブロック図、図13（a）はポリフェーズフィルタで構成した帯域合成フィルタバンク回路を示すブロック図、図13（b）はポリフェーズフィルタで構成した帯域分割フィルタバンク回路を示すブロック図である。

【0082】まず、一般的なFIRフィルタで構成したフィルタバンク回路の構成について、図12を用いて説明する。図12において、201は信号のサンプリング・レートをN倍にするアップサンプラ、202はFIRフィルタ、203は互いに直交する複数のFIRフィルタ202を組み合わせたFIRフィルタ群、204は2入力加算器である。以上より、ウェーブレット逆変換103としての帯域合成フィルタバンク回路200が構成される。

【0083】また、211はFIRフィルタ、212は互いに直交する複数のFIRフィルタ211を組み合わせたFIRフィルタ群、213はサンプリング・レートを $1/N$ にするダウンサンプラである。以上により、ウェーブレット変換115としての帯域分割フィルタバンク回路210が構成される。

【0084】なお、ウェーブレット逆変換103のFIRフィルタ群203とウェーブレット変換器210のFIRフィルタ群212とを構成する各FIRフィルタ202、211は、ウェーブレット変換115に対する入力信号とウェーブレット変換115の出力信号とが遅延を除いて一致するように構成されている。例えば、この条件を満たすフィルタ係数としては、（表1）、（表2）が挙げられる。

【0085】

【表1】

ウェーブレット逆変換器（帯域合成フィルタバンク回路）のフィルタ係数例

	tap1	tap2	tap3	tap4	tap5	tap6	tap7	tap8
h1	$\alpha_{18}$	$\alpha_{17}$	$\alpha_{16}$	$\alpha_{15}$	$\alpha_{14}$	$\alpha_{13}$	$\alpha_{12}$	$\alpha_{11}$
h2	$\alpha_{28}$	$\alpha_{27}$	$\alpha_{26}$	$\alpha_{25}$	$\alpha_{24}$	$\alpha_{23}$	$\alpha_{22}$	$\alpha_{21}$
h3	$\alpha_{38}$	$\alpha_{37}$	$\alpha_{36}$	$\alpha_{35}$	$\alpha_{34}$	$\alpha_{33}$	$\alpha_{32}$	$\alpha_{31}$
h4	$\alpha_{48}$	$\alpha_{47}$	$\alpha_{46}$	$\alpha_{45}$	$\alpha_{44}$	$\alpha_{43}$	$\alpha_{42}$	$\alpha_{41}$

【0086】

【表2】

(12)

21

22

ウェーブレット変換器（帯域分割フィルタバンク回路）のフィルタ係数例

	tap1	tap2	tap3	tap4	tap5	tap6	tap7	tap8
h1	$\alpha_{11}$	$\alpha_{12}$	$\alpha_{13}$	$\alpha_{14}$	$\alpha_{15}$	$\alpha_{16}$	$\alpha_{17}$	$\alpha_{18}$
h2	$\alpha_{21}$	$\alpha_{22}$	$\alpha_{23}$	$\alpha_{24}$	$\alpha_{25}$	$\alpha_{26}$	$\alpha_{27}$	$\alpha_{28}$
h3	$\alpha_{31}$	$\alpha_{32}$	$\alpha_{33}$	$\alpha_{34}$	$\alpha_{35}$	$\alpha_{36}$	$\alpha_{37}$	$\alpha_{38}$
h4	$\alpha_{41}$	$\alpha_{42}$	$\alpha_{43}$	$\alpha_{44}$	$\alpha_{45}$	$\alpha_{46}$	$\alpha_{47}$	$\alpha_{48}$

【0087】（表1）、（表2）に示したフィルタ係数は帯域を4分割するフィルタバンク回路の一例である。ここで、hは一般的なFIRフィルタを示す。このFIRフィルタは、入力データを遅延する縦続接続の7個の遅延素子と、この遅延素子の出力データおよび上記入力データに係数を乗算する8個の乗算器と、この乗算器の出力データを入力側から順次に加算して累積値を得る7個の加算器とから成る。tapは上記乗算器を示し、 $\alpha$ は上記乗算器の係数を示す。また $\alpha_{MN}$ のMはフィルタ番号、Nはタップ番号を示す。

【0088】次に、ポリフェーズフィルタで構成したフィルタバンク回路について、図13を用いて説明する。図13において、301はポリフェーズフィルタ、302は信号のサンプリング・レートをN倍にするアップサンプラ、303は2入力加算器、304は1サンプリング分遅延させる遅延素子（レジスタ）である。以上より、ウェーブレット逆変換103としての帯域合成フィルタバンク回路300が構成される。

【0089】また、311は1サンプリング分遅延させる遅延素子、312はサンプリング・レートを1/Nにするダウンサンプラ、313はポリフェーズフィルタである。以上により、ウェーブレット変換115としての帯域分割フィルタバンク回路310が構成される。

【0090】図14は、図13のポリフェーズフィルタ301、313を示すブロック図である。図14において、321はフィルタ、322は2入力加算器である。なお、ポリフェーズフィルタ301とポリフェーズフィルタ313とを構成する各フィルタは、帯域合成フィルタバンク回路300に対する入力信号と帯域分割フィルタバンク回路310の出力信号とが遅延を除いて一致するように構成されている。例えば、（表1）、（表2）とのフィルタ係数による演算結果と同一にするためには各ポリフェーズフィルタを（表3）～（表10）のように構成すればよい。

【0091】

【表3】

帯域合成フィルタバンク

	tap1	tap2
h1	$\alpha_{15}$	$\alpha_{11}$
h2	$\alpha_{25}$	$\alpha_{21}$
h3	$\alpha_{35}$	$\alpha_{31}$
h4	$\alpha_{45}$	$\alpha_{41}$

20 【0092】

【表4】

	tap1	tap2
h1	$\alpha_{16}$	$\alpha_{12}$
h2	$\alpha_{26}$	$\alpha_{22}$
h3	$\alpha_{36}$	$\alpha_{32}$
h4	$\alpha_{46}$	$\alpha_{42}$

30 【0093】

【表5】

	tap1	tap2
h1	$\alpha_{17}$	$\alpha_{13}$
h2	$\alpha_{27}$	$\alpha_{23}$
h3	$\alpha_{37}$	$\alpha_{33}$
h4	$\alpha_{47}$	$\alpha_{43}$

40 【0094】

【表6】

	tap1	tap2
h1	$\alpha_{18}$	$\alpha_{14}$
h2	$\alpha_{28}$	$\alpha_{24}$
h3	$\alpha_{38}$	$\alpha_{34}$
h4	$\alpha_{48}$	$\alpha_{44}$

50 【0095】

(13)

23

【表7】

帯域分割フィルタバンク

	tap1	tap2
h1	$\alpha 11$	$\alpha 15$
h2	$\alpha 12$	$\alpha 16$
h3	$\alpha 13$	$\alpha 17$
h4	$\alpha 14$	$\alpha 18$

【0096】

【表8】

	tap1	tap2
h1	$\alpha 21$	$\alpha 25$
h2	$\alpha 22$	$\alpha 26$
h3	$\alpha 23$	$\alpha 27$
h4	$\alpha 24$	$\alpha 28$

【0097】

【表9】

	tap1	tap2
h1	$\alpha 31$	$\alpha 35$
h2	$\alpha 32$	$\alpha 36$
h3	$\alpha 33$	$\alpha 37$
h4	$\alpha 34$	$\alpha 38$

【0098】

【表10】

	tap1	tap2
h1	$\alpha 41$	$\alpha 45$
h2	$\alpha 42$	$\alpha 46$
h3	$\alpha 43$	$\alpha 47$
h4	$\alpha 44$	$\alpha 48$

【0099】図12のフィルタバンク回路と図13のフィルタバンク回路との間の相違点は、サンプリング・レートを変更する箇所が異なる点である。帯域合成フィルタバンク回路200、300において、図12では、フィルタに入力する前に信号をアップサンプリングするが、図13では、フィルタ演算の後にアップサンプリングする。一方、帯域分割フィルタバンク回路210、310においては、図12では、フィルタ演算の後にダウンサンプリングして、図13では、フィルタ演算の前に

24

ルタ演算は図12よりも遅い速度で実行できる。

【0100】なおこの実施の形態では、帯域合成フィルタバンクのフィルタ出力のタイミング制御部をアップサンプラ302、2入力加算器303、遅延素子304を用いて構成したが、マルチプレクサによっても構成可能である。

【0101】したがって、この構成により、変調と復調時における重複直交変換の際の演算を低レートで実行することが可能となる。すなわち、動作クロック周波数を低くできるため回路の消費電力を低減することができる。また、このことは単位時間当たりの演算量が低減されるという観点から見ると、演算器を流用することが可能となり、回路規模を小さくすることも可能となる。

【0102】(実施の形態7) 図15(a)は図3、図6、図7の電力線搬送通信装置100のウェーブレット逆変換103としての帯域合成フィルタバンク回路を示すブロック図であり、図15(b)は図3、図6、図7の電力線搬送通信装置100のウェーブレット変換115としての帯域分割フィルタバンク回路を示すブロック図であり、フィルタバンク回路として、ラティス構造のELTフィルタバンク回路を示す。すなわち、本実施の形態では、ウェーブレット逆変換103およびウェーブレット変換115をラティス構造のフィルタバンク回路によって構成する場合について説明する。

【0103】図15において、401はタイプIVの離散コサイン変換(Discrete Cosine Transform, DCT)器、402は1サンプリング分遅延させる遅延素子、403は平面回転演算器、404は2サンプリング分遅延させる遅延素子、405は信号のサンプリング・レートをN倍にするアップサンプラ、406は2入力加算器、407は1サンプリング分遅延させる遅延素子である。以上より、帯域合成フィルタバンク回路400が構成される。一方、411は1サンプリング分遅延させる遅延素子、412はサンプリング・レートを1/Nにするダウンサンプラ、413は2サンプリング分遅延させる遅延素子、414は平面回転演算器、415は1サンプリング分遅延させる遅延素子、416はタイプIVの離散コサイン変換器である。以上より、帯域分割フィルタバンク回路410が構成される。なお、平面回転演算器403と414は、図16に示す平面回転演算回路を複数組み合わせることで構成したものである。図16は平面回転演算回路を示す機能ブロック図である。

【0104】この構成により、実施の形態6で説明したポリフェーズフィルタで構成した場合と同様に、変調と復調時における重複直交変換の際の演算レートを低減することが可能となる。さらに、高速DCTなどを併用することによって演算量も低減できるため、回路の消費電力および回路規模を低減することができる。

【0105】(実施の形態8) 本発明の実施の形態8で



(14)

25

は、図3、図6、図7の電力線搬送通信装置100のウェーブレット逆変換103と図3、図6、図7の電力線搬送通信装置100のウェーブレット変換115において、重複係数に応じたフィルタ係数を複数パターン用意しておき、そのフィルタ係数を変更する方法について説明する。

【0106】まず、送信部101のウェーブレット逆変換103と受信部111のウェーブレット変換115に対して、重複係数に応じたフィルタ長の異なるフィルタ係数を複数パターン用意しておく。そして、送信部101および受信部111の各制御部122よりウェーブレット逆変換103およびウェーブレット変換115に対して、フィルタのパターン番号を指定することにより、パターン番号に合わせてフィルタバンク回路内のフィルタ係数を変化させる。この時、フィルタのパターン番号は制御信号などを使用して送信側および受信側で一致させる必要がある。また、フィルタ係数を変更する基準としては、送信部101から送信される電力線通信信号や、伝送路の変動、受信レベル等が考えられる。例えば、 $S/N$ （信号電力対雑音電力比）を用いる場合、受信時において $S/N$ が大きい場合は、各サブキャリアから見て帯域外の雑音が小さいため、フィルタ長の短いフィルタによって復調動作を行い、 $S/N$ が小さい場合は、他の帯域からの雑音の影響を受けにくくするため、フィルタ長の大きいフィルタ係数を使用する。

【0107】この制御により、伝送路の雑音状態が良好な場合の演算量を低減することができ、受信時の消費電力を削減することが可能となる。また、雑音状態が劣悪な場合においても、安定した受信を行うことが可能となる。

【0108】（実施の形態9）本発明の実施の形態9では、図3、図6、図7のウェーブレット逆変換103とウェーブレット変換115とをラティス構造で構成した場合において、重複係数に応じた平面回転角パラメータを複数パターン用意しておき、その平面回転角パラメータを変更する方法について説明する。

【0109】まず、送信部101のウェーブレット逆変換103と受信部111のウェーブレット変換115は実施の形態7のようにラティス構造で構成する。そして、送信部101のウェーブレット逆変換103と受信部111のウェーブレット変換115に対して、重複係数に応じた平面回転角パラメータを複数パターン用意しておく。そして、送信部101および受信部111の各制御部122よりウェーブレット逆変換103とウェーブレット変換115に対して、平面回転角パラメータのパターン番号を指定することにより、そのパターン番号に合わせてフィルタバンク回路内の平面回転角パラメータを変化させる。この時、平面回転角パラメータのパターン番号は制御信号などを使用して送信機および受信機で一致させる必要がある。また、平面回転角パラメータ

26

を変更する基準としては、送信部101から送信される電力線通信信号や、伝送路の変動、受信レベル等が考えられる。例えば、 $S/N$ を用いる場合、受信時において $S/N$ が大きい場合は、各サブキャリアから見て帯域外の雑音が小さいため、重複係数が小さい平面回転角パラメータによって復調動作を行い、 $S/N$ が小さい場合は、他の帯域からの雑音の影響を受けにくくするため、重複係数が大きい平面回転角パラメータを使用する。

【0110】この制御により、伝送路のノイズ環境が良好な場合の演算量を低減することができ、受信時の消費電力を削減することが可能となる。また、雑音状態が劣悪な場合においても、安定した受信を行うことが可能となる。さらに、実施の形態8のようにフィルタ係数を複数パターン用意するのに比べ、記憶容量を減らすことができる。

【0111】（実施の形態10）図17は、本発明の実施の形態10による電力線搬送通信装置の制御方法（すなわち図3、図6または図7の制御部122の動作）を説明するための説明図であり、本実施の形態では、特定のサブキャリアのみを出力する場合について説明する。なお、説明を簡単にするため、サブキャリア数を4本としている。

【0112】図17において、102は信号点写像、103はウェーブレット逆変換、122は制御部である。

【0113】まず、信号点写像器102において、「+1」、「+3」、「-3」、「-1」、「+1」、「+3」、「-3」、「-1」の順で信号点写像されたデータが出力されたとする。このとき、制御部122が信号点写像器102に対して、使用しないサブキャリア番号を指定することにより、指定した番号のサブキャリア部分に対してデータを入力しないようにする。すなわち、ゼロを挿入する。例えば、1番目と4番目のサブキャリアを出力しないようにする場合は、1番目と4番目のサブキャリアを出力するフィルタの入力部分にはゼロを挿入して、写像された信号点データは2番目と3番目のサブキャリアの入力部分に入れる。そして、ウェーブレット逆変換103は、各々の入力データに基づきウェーブレット逆変換を行う。

【0114】このように制御することにより、出力するサブキャリアを容易に選択することができ、特定の周波数にのみ信号を出力することが可能になる。つまり、国別の法規制によって各国毎に使用可能な周波数帯が異なる場合であっても、容易に対応することが可能となる。

【0115】さらに、本実施の形態による電力線搬送通信装置の有効性を、図18、図19、図20を用いて分かりやすく説明する。図18は電力線搬送通信に認可された周波数スペクトルの例を示すグラフであり、図19はOFDM伝送を用いた場合の送信周波数スペクトルを示すグラフ、図20は電力線搬送通信装置の送信周波数スペクトルを示すグラフである。

(15)

27

【0116】例えば、ある国の法規制による周波数割り当てが図18に示すようであったとする。従来のOFDMを用いた電力線通信搬送装置による送信信号は図19に示すようになり、図18の規制を満足するためには、別途帯域阻止フィルタが必要となる。すなわち、国毎に異なる帯域阻止フィルタのフィルタ係数を用意しておく必要がある。一方、本実施の形態による電力線搬送通信装置は、本実施の形態における動作のみで図20に示すような送信信号スペクトラムを得ることができるので、帯域阻止フィルタを必要としない。このことから、本実施の形態による電力線搬送通信装置は、各国で異なる法規制に柔軟に対応することができる。

【0117】（実施の形態11）図21は、図3、図6、図7の電力線搬送通信装置の制御方法（すなわち本発明の実施の形態11による電力線搬送通信装置の制御部122の動作）を説明するための説明図である。本実施の形態では、電力線上のノイズレベルを検出する方法について説明する。

【0118】図21において、115はウェーブレット変換、116はシンボル判定器、122は制御部である。

【0119】次に、電力線上のノイズレベル検出動作について説明する。

【0120】まず、ウェーブレット変換115は、電力線110上のノイズの周波数分布を検知するために、サブキャリア毎の信号点データに復調する。次に、シンボル判定器116は、サブキャリア毎の信号点データに基づき、どの信号点付近に存在するノイズ成分が大きいかを測定する。このとき、雑音がない場合には、各サブキャリアにおける信号点データはすべて0になる。したがって、このデータの値が0からどれだけ離れたかによってノイズ量を推定する。そして、シンボル判定器116は、所望値よりもノイズが大きなサブキャリアを判定して、そのサブキャリア番号を制御部122に対して通知し、そのサブキャリアを制御部122は使用できないようにする。

【0121】なお、本実施の形態では、電力線上に信号を重畳しない状態でのノイズレベル検出方法について説明したが、送受信間で既知の信号を使用しても同様な方法で実現することができる。すなわち、通信状態においてもノイズ検出を行える。

【0122】このような制御を行うことにより、電力線上のノイズ状態を把握することができ、使用可能なサブキャリアを選択することができる。制御部122において、あらかじめ大きなノイズ成分が存在する周波数位置を避けるようにサブキャリアを選定することにより、より信頼性の高い通信が可能となる。

【0123】（実施の形態12）本発明の実施の形態12による電力線搬送通信装置における制御方法として、伝送速度を指定する速度に変更する制御方法について、

28

図3と図4を用いて説明する。

【0124】まず、制御部122は、外部から指定された伝送速度を実現するために必要な信号点の個数やサブキャリアの数を算出し、その算出結果と実施の形態11による使用可能サブキャリアの判定結果に基づき、サブキャリアの選択を行う。次に、制御部122は、信号点写像器102に対して、使用するサブキャリア番号と信号点の個数とを指定する。信号点写像器102は、その設定値に従って信号点写像、サブキャリアへのデータ配置処理を対応させる。

【0125】例えば、外部から必要な伝送速度が指定され、制御部122において指定された伝送速度に合うように算出された結果が、キャリア数2、信号点の個数が4であるとする。また、実施の形態11による判定で、使用できるサブキャリアが2番目のサブキャリア以外の3本であるとする。このとき、制御部122は、例えば、1番目と3番目のサブキャリアを選択することができる。また、他の使用しないサブキャリア（この例では4番目のキャリア）は、別の通信に利用することができる。

【0126】このように制御することにより、伝送速度を指定する速度に容易に変更することができ、また、指定された伝送速度を実現する以外のサブキャリアを別の通信に利用することができるため、帯域の利用効率を向上することが可能となる。

【0127】（実施の形態13）図22は、本発明の実施の形態13による電力線搬送通信装置の制御部122の動作を示すフローチャートである。本実施の形態では、通常の通信中に受信データにエラーが発生した場合、送信する周波数位置をずらし、ノイズの影響を回避しながら、電力線搬送通信装置1（例えば自装置）と電力線搬送通信装置2（例えば相手装置）の間の通信手順を合わせる方法について説明する。なお、電力線搬送通信装置1と電力線搬送通信装置2の構成は図3の構成とする。

【0128】図22において、最初の状態（S11、S21）では、電力線搬送通信装置1と電力線搬送通信装置2の間の通信はキャリアパターン1で通信している。そして、電力線搬送通信装置1で、エラー数があるしきい値以上になった場合（S12）には、エラー数があるしきい値を越えているサブキャリアを検出し（S13）、変更するサブキャリアの番号あるいは位置を仮に設定する（S14）。なお、このとき変更したキャリアパターンをキャリアパターン2とする。その後、設定したキャリアパターン2の内容を、現在の通信に利用しているキャリアパターン1で電力線搬送通信装置2へ送信する（S15）。その後、電力線搬送通信装置1は、自分のキャリアパターンをキャリアパターン2に変更する。なお、キャリアパターンは1つのサブキャリアまたは複数のサブキャリアの組からなるものである。

(16)

29

【0129】キャリアパターン1でキャリアパターン2の内容を受信した電力線搬送通信装置2では、キャリアパターン変更であるか否かの判別を行い(S22)、変更でなければ通常処理(S21)に戻り、変更であれば受信部111で重複直交変換をかける周波数位置をキャリアパターン2に変更し(S23)、さらにキャリアパターンを変更したことをキャリアパターン2で変調して電力線搬送通信装置1へ返送する(S24)。

【0130】電力線搬送通信装置1では、この完了通知の内容が正しく送られたことを判別する(S16)。そこで、変更完了通知を正しく受け取れた場合には通常処理(S11)へ移るが、変更完了通知を受け取れなかった場合には、S/Nのしきい値を変更して(S17)、再度キャリアパターンの選定処理(S13)に移る。そして、再度キャリアパターンの変更のシーケンスを行う。この一連のシーケンスをエラー数が少なくなるまで繰り返す。

【0131】ここで、上記シーケンスは、通常の通信時のみではなく、初期のインストール時の設定としても利用できる。

【0132】なお、本実施の形態では、使用するサブキャリアを変更することにより、受信エラー数を減少させたが、信号点写像器の信号点配置を変更することによってエラー数を減少させることも可能である。例えば、図23に示すように、4値の信号点配置から2つの配置方法へ変更しても良く、通信上の整合性は本実施の形態におけるシーケンスと同様の手段で実現することができる。ここで、図23(a)、(b)は電力線搬送通信装置の信号点写像器102の信号点数の変化を示す説明図である。

【0133】このように本実施の形態によれば、誤り率の小さいサブキャリアから優先的に通信に使用するようにしたので、受信エラー数を減少させることができる。

【0134】(実施の形態14)図24は、本発明の実施の形態14による電力線搬送通信装置の動作を示すフローチャートであり、電力線搬送通信装置2(例えば相手装置)の受信結果に基づき、電力線搬送通信装置1(例えば自装置)の送信出力レベルを変更する動作を示す。なお、電力線搬送通信装置1と電力線搬送通信装置2の構成は図3の構成である。

【0135】図24において、初期状態(S31)では、電力線搬送通信装置1はある出力レベルで送信している。電力線搬送通信装置2では、電力線搬送通信装置1の信号を受信して(S41)、サブキャリア毎にS/Nを測定する(S42)。次に平均S/N値に基づいて電力線搬送通信装置1に出力レベルの変更要求を行う(S43)。

【0136】このS/N値と変更要求とを受け取った電力線搬送通信装置1では、変更要求の有無を判別し(S32)、このS/N値から逆算して(S33)出力レベ

30

ルを決定(S34)し、そのレベルで電力線搬送通信装置2に再度送信する。

【0137】この動作により、電力線上のノイズレベルが低く、通信エラーが発生しない場合には、出力レベルを低下させることにより、送信に必要な電力を削減することが可能になる。

【0138】このように本実施の形態によれば、電力線上のノイズレベルが低く通信エラーが発生しない場合には出力レベルを低下させることができるので、送信に必要な電力を削減することができる。

【0139】

【発明の効果】以上説明したように本発明の請求項1に記載の電力線搬送通信装置によれば、送信部と、受信部と、送信部からの信号を電力線に対して電力線通信用信号として重畳すると共に電力線から電力線通信用信号のみを抽出する電力線結合回路と、送信部と受信部の各構成要素を制御する制御部とを有し、複数のサブキャリアを用いて通信を行う電力線搬送通信装置であって、送信部は、入力される送信データから複数のビット列を生成してビット列を各サブキャリアの信号点に写像する信号点写像器と、信号点写像器により写像された各サブキャリアの信号点データに基づき互いに直交したウェーブレット波形をもって各サブキャリアの変調を行うことにより時間波形系列データの生成を行うウェーブレット逆変換器と、ウェーブレット逆変換器による時間波形系列データをアナログ変換するD/A変換器とを有し、受信部は、電力線結合回路により電力線から抽出された電力線通信用信号をデジタル変換してサンプリング系列波形データを得るA/D変換器と、A/D変換器によるサンプリング系列波形データを各サブキャリアの信号点データに変換するウェーブレット変換器と、ウェーブレット変換器から出力される複数の信号点データを逆写像して信号点写像器で写像されたビット列を判別し受信データ系列として合成するシンボル判定器とを有することにより、OFDM伝送方式で必要であったガードインターバルという冗長な信号部分が必要でなくなり、周波数利用効率を向上することができ、また、複素演算を必要とするフーリエ変換を実部の演算のみで行うウェーブレット変換で実現しているので、演算量を削減することができ、回路規模を低減することができるという有利な効果が得られる。また、伝送速度劣化の要因となるガードインターバルを排除しても通信が可能であり、各国の電波法規制に応じて通信に利用する周波数帯域を限定し、回路規模増大の要因となる帯域阻止フィルタを設置することなしに既存システムの使用帯域において十分な減衰量を得ることができるという有利な効果が得られる。

【0140】請求項2に記載の電力線搬送通信装置によれば、送信部と、受信部と、送信部からの信号を電力線に対して電力線通信用信号として重畳すると共に電力線から電力線通信用信号のみを抽出する電力線結合回路

(17)

31

と、送信部と受信部の各構成要素を制御する制御部とを有し、複数のサブキャリアを用いて通信を行う電力線搬送通信装置であって、送信部は、入力される送信データから複数のビット列を生成してビット列を各サブキャリアの信号点に写像する信号点写像器と、信号点写像器により写像された各サブキャリアの信号点データに基づき互いに直交したウェーブレット波形をもって各サブキャリアの変調を行うことにより時間波形系列データの生成を行うウェーブレット逆変換器と、ウェーブレット逆変換器から出力される時間波形系列データを任意の搬送波周波数帯域に周波数シフトする送信用周波数変換器と、送信用周波数変換器から出力される時間波形系列データをアナログ変換するD/A変換器とを有し、受信部は、電力線結合回路により電力線から抽出された電力線通信用信号をディジタル変換してサンプリング系列波形データを得るA/D変換器と、A/D変換器によるサンプリング系列波形データをベースバンド帯域へ周波数シフトしてベースバンド信号系列を得る受信用周波数変換器と、受信用周波数変換器から出力されたベースバンド信号系列を各サブキャリアの信号点データに変換するウェーブレット変換器と、ウェーブレット変換器から出力される複数の信号点データを逆写像して信号点写像器で写像されたビット列を判別し受信データ系列として合成するシンボル判定器とを有することにより、OFDM伝送方式で必要であったガードインターバルという冗長な信号部分が必要でなくなり、周波数利用効率を向上することができ、また、複素演算を必要とするフーリエ変換を実部の演算のみで行うウェーブレット変換で実現しているので、演算量を削減することができ、回路規模を低減することができるという有利な効果が得られる。また、伝送速度劣化の要因となるガードインターバルを排除しても通信が可能であり、各国の電波法規制に応じて通信に利用する周波数帯域を限定し、回路規模増大の要因となる帯域阻止フィルタを設置することなしに既存システムの使用帯域において十分な減衰量を得ることができるという有利な効果が得られる。さらに、任意の周波数帯へのシフトが可能になるので、例えば宅内と宅外で利用できる周波数帯が各国で異なる場合についても容易に対応することができ、ベースバンド伝送方式のみで対応するよりも、回路規模をさらに抑えることができるという有利な効果が得られる。

【0141】請求項3に記載の電力線搬送通信装置によれば、送信部と、受信部と、送信部からの信号を電力線に対して電力線通信用信号として重畳すると共に電力線から電力線通信用信号のみを抽出する電力線結合回路と、送信部と受信部の各構成要素を制御する制御部とを有し、複数のサブキャリアを用いて通信を行う電力線搬送通信装置であって、送信部は、入力される送信データから複数のビット列を生成してビット列を各サブキャリアの複素信号点に写像する信号点写像器と、信号点写像

32

器により写像された各サブキャリアの複素信号点データに基づき互いに直交したウェーブレット波形をもって各サブキャリアの変調を行うことにより複素時間波形系列データの生成を行うウェーブレット逆変換器と、ウェーブレット逆変換器から出力される複素時間波形系列データを直交変調することにより任意の搬送波周波数帯域に周波数シフトする直交変調器と、直交変調器から出力される複素時間波形系列データをアナログ変換するD/A変換器とを有し、受信部は、電力線結合回路により電力線から抽出された電力線通信用信号をディジタル変換してサンプリング系列波形データを得るA/D変換器と、A/D変換器によるサンプリング系列波形データをベースバンド帯域へ周波数シフトしてベースバンド信号系列を得る直交復調器と、直交復調器から出力されたベースバンド信号系列を各サブキャリアの信号点データに変換するウェーブレット変換器と、ウェーブレット変換器から出力される複数の信号点データを逆写像して信号点写像器で写像されたビット列を判別し受信データ系列として合成するシンボル判定器とを有することにより、OFDM伝送方式で必要であったガードインターバルという冗長な信号部分が必要でなくなり、周波数利用効率を向上することができ、また、複素演算を必要とするフーリエ変換を実部の演算のみで行うウェーブレット変換で実現しているので、演算量を削減することができ、回路規模を低減することができるという有利な効果が得られる。また、伝送速度劣化の要因となるガードインターバルを排除しても通信が可能であり、各国の電波法規制に応じて通信に利用する周波数帯域を限定し、回路規模増大の要因となる帯域阻止フィルタを設置することなしに既存システムの使用帯域において十分な減衰量を得ることができるという有利な効果が得られる。さらに、直交変復調により複素領域の信号点データを使用できるので、さらに周波数利用効率を向上させることができるという有利な効果が得られる。

【0142】請求項4に記載の電力線搬送通信装置によれば、請求項1乃至3のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置において、ウェーブレット逆変換器とウェーブレット変換器は、完全再構成あるいは疑似完全再構成の重複直交変換機能または一般化重複直交変換機能を有することにより、ウェーブレット変換を実現するフィルタバンク回路の全フィルタに対して直線位相特性を持たすことができるので、フィルタバンクに必要な乗算器の個数を半分にすることができ、回路規模を小さくすることができるという有利な効果が得られる。また、各サブキャリアの周波数特性をメインローブを中心に急峻に設計できるので、受信時において他のサブキャリアからの干渉や帯域外の雑音による影響を低減することができるという有利な効果が得られる。

【0143】請求項5に記載の電力線搬送通信装置によれば、請求項1乃至3のいずれか1に記載の電力線搬送

(18)

33

通信装置において、ウェーブレット逆変換器とウェーブレット変換器は、変調重複変換機能または拡張変調重複変換機能を有することにより、各サブキャリアの再度周波数特性をメインローブを中心に更に急峻に設計できるので、電力線搬送通信装置において既存システムに影響を与えないようにする目的で従来は必要であった帯域阻止フィルタを必要とせず、受信時において他のサブキャリアからの干渉や帯域外の雑音による影響を低減することができるという有利な効果が得られる。

【0144】請求項6に記載の電力線搬送通信装置によれば、請求項1乃至5のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置において、ウェーブレット逆変換器とウェーブレット変換器は、ポリフェーズフィルタバンク回路によって構成することにより、変調時と復調時における重複直交変換の際の演算を低レートで実行することができ、動作クロック周波数を低くすることができるので、回路の消費電力を低減することができるという有利な効果が得られる。また、動作クロック周波数を低くすることができることにより、演算器を流用することができ、回路規模を小さくすることができるという有利な効果が得られる。

【0145】請求項7に記載の電力線搬送通信装置によれば、請求項1乃至5のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置において、ウェーブレット逆変換器とウェーブレット変換器は、ラティス構造のフィルタバンク回路によって構成することにより、変調時と復調時における重複直交変換の際の演算を低レートで実行することができ、動作クロック周波数を低くすることができるので、回路の消費電力を低減することができるという有利な効果が得られる。また、高速DCTなどを併用することによって演算量も低減できるので、回路の消費電力および回路規模を小さくすることができるという有利な効果が得られる。

【0146】請求項8に記載の電力線搬送通信装置によれば、請求項1乃至6のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置において、ウェーブレット逆変換器とウェーブレット変換器は、重複係数に応じたフィルタ長の異なる複数のフィルタ係数パターンを有し、送信部から送信される電力線通信信号や、伝送路の変動、受信レベル等の受信条件に応じて、複数のフィルタ係数パターンの中から適切なフィルタ係数パターンを選択することにより、伝送路の雑音状態が良好な場合の演算量を低減することができ、受信時の消費電力を削減することができ、また、雑音状態が劣悪な場合においても安定した受信を行うことができるという有利な効果が得られる。

【0147】請求項9に記載の電力線搬送通信装置によれば、請求項7に記載の電力線搬送通信装置において、ウェーブレット逆変換器とウェーブレット変換器は、重複係数に応じた複数の平面回転角パターンを有し、送信部から送信される電力線通信信号や、伝送路の変動、受

34

信レベル等の受信条件に応じて、複数の平面回転角パラメータの中から適切な平面回転角パラメータを選択することにより、伝送路の雑音状態が良好な場合の演算量を低減することができ、受信時の消費電力を削減することができ、また、雑音状態が劣悪な場合においても安定した受信を行うことができるという有利な効果が得られる。また、フィルタ係数を複数パターン用意する必要がなく、記憶容量を減らすことができるという有利な効果が得られる。

【0148】請求項10に記載の電力線搬送通信装置によれば、請求項1乃至9のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置において、制御部は、信号点写像器に対してデータをマッピングし変調するサブキャリアを選択する選択信号を出力し、信号点写像器は、選択信号に基づき、選択されたサブキャリアに対してはデータをマッピングし、選択されなかったサブキャリアに対するデータはゼロをマッピングすることにより、出力するサブキャリアを容易に選択することができ、特定の周波数にのみ信号を出力することが可能になり、国別の法規制によって各国毎に使用可能な周波数が異なる場合であっても、容易に対応することができるという有利な効果が得られる。

【0149】請求項11に記載の電力線搬送通信装置によれば、請求項10に記載の電力線搬送通信装置において、制御部は、シンボル判定器による判定結果を用いて、電力線上の雑音状態を信号電力対雑音電力比で推定することにより、相対的に大きな雑音が定常的に存在する周波数帯域を検出し、大きな雑音が定常的に存在する周波数帯域上のサブキャリアについては信号点写像器に対して選択信号を出さないように制御することにより、電力線上のノイズ状態を把握することができ、使用可能なサブキャリアを選択することができ、あらかじめ大きなノイズ成分が存在する周波数位置を避けるようにサブキャリアを選定して、より信頼性の高い通信を行うことができるという有利な効果が得られる。

【0150】請求項12に記載の電力線搬送通信装置によれば、請求項10または11に記載の電力線搬送通信装置において、制御部は、信号点写像器による信号点写像とサブキャリアへの選択信号の制御について、通信速度を優先する場合には、信号点写像器で写像される信号点数を増やすことで多値化し、データ伝送の信頼性を優先する場合には、信号点写像器で写像される信号点数を減らして2値化することにより、伝送速度を指定する速度に容易に変更することができ、また指定された伝送速度を実現する以外のサブキャリアを別の通信に利用することができるので、帯域の利用効率を向上させることができるという有利な効果が得られる。

【0151】請求項13に記載の電力線搬送通信装置によれば、請求項10乃至12のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置において、制御部は、信号点写像器によ

(19)

35

る信号点写像と各サブキャリアへの選択信号の制御について、各サブキャリアの誤り率を調査し、各サブキャリアの中で、誤り率の小さいサブキャリアから優先的に通信に使用するように制御することにより、誤り率の小さいサブキャリアから優先的に通信に使用するようにしたので、受信エラー数を減少させることができるという有利な効果が得られる。

【0152】請求項14に記載の電力線搬送通信装置によれば、請求項1乃至13のいずれか1に記載の電力線搬送通信装置において、制御部は、送信用増幅器の利得を受信部で受信した受信信号の信号電力対雑音電力比に基づいて設定することにより、電力線上のノイズレベルが低く通信エラーが発生しない場合には出力レベルを低下させることができるので、送信に必要な電力を削減することができるという有利な効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a) ウェーブレットの時間波形の概念説明のためのグラフ

(b) ウェーブレットの周波数スペクトルの概念説明のためのグラフ

【図2】(a) 直交変換におけるデータの流れを示す説明図

(b) 重複直交変換におけるデータの流れを示す説明図

【図3】本発明の実施の形態1による電力線搬送通信装置を示すブロック図

【図4】電力線搬送通信装置の送信部の動作を説明するための説明図

【図5】電力線搬送通信装置の受信部の動作を説明するための説明図

【図6】本発明の実施の形態2による電力線搬送通信装置を示すブロック図

【図7】本発明の実施の形態3による電力線搬送通信装置を示すブロック図

【図8】電力線搬送通信装置の送信部の動作を説明するための説明図

【図9】電力線搬送通信装置の受信部の動作を説明するための説明図

【図10】(a) 4分割の完全再構成のGLTを実現するフィルタバンク回路の各フィルタのインパルス応答の例を示すグラフ

(b) 4分割の完全再構成のGLTを実現するフィルタバンク回路の各フィルタの周波数応答の例を示すグラフ

【図11】(a) 4分割のELTを実現するフィルタバンク回路の各フィルタのインパルス応答の例を示すグラフ

(b) 4分割のELTを実現するフィルタバンク回路の各フィルタの周波数応答の例を示すグラフ

【図12】(a) 一般的なFIRフィルタで構成した帯域合成フィルタバンク回路を示すブロック図

(b) 一般的なFIRフィルタで構成した帯域分割フ

36

ルタバンク回路を示すブロック図

【図13】(a) ポリフェーズフィルタで構成した帯域合成フィルタバンク回路を示すブロック図

(b) ポリフェーズフィルタで構成した帯域分割フィルタバンク回路を示すブロック図

【図14】図13のポリフェーズフィルタを示すブロック図

【図15】(a) 図3、図6、図7の電力線搬送通信装置のウェーブレット逆変換としての帯域合成フィルタバンク回路を示すブロック図

(b) 図3、図6、図7の電力線搬送通信装置のウェーブレット変換としての帯域分割フィルタバンク回路を示すブロック図

【図16】平面回転演算回路を示す機能ブロック図

【図17】本発明の実施の形態10による電力線搬送通信装置の制御方法を説明するための説明図

【図18】電力線搬送通信に認可された周波数スペクトルの例を示すグラフ

【図19】OFDM伝送を用いた場合の送信周波数スペクトルを示すグラフ

【図20】電力線搬送通信装置の送信周波数スペクトルを示すグラフ

【図21】図3、図6、図7の電力線搬送通信装置の制御方法を説明するための説明図

【図22】本発明の実施の形態13による電力線搬送通信装置の制御部の動作を示すフローチャート

【図23】(a) 電力線搬送通信装置の信号点写像器の信号点数の変化を示す説明図

(b) 電力線搬送通信装置の信号点写像器の信号点数の変化を示す説明図

【図24】本発明の実施の形態14による電力線搬送通信装置の動作を示すフローチャート

【図25】特開2000-165304号公報に記載された電力線搬送通信装置を示すブロック図

【図26】ガードインターバルの仕組みを示すグラフ

【図27】OFDMのフィルタバンク特性を示すグラフ

【符号の説明】

100 電力線搬送通信装置

101 送信部

102 信号点写像器

103 ウェーブレット逆変換

104 D/A変換器

105 送信用増幅器

106、112 帯域通過フィルタ

107 SSB変調器

108 直交変調器

110 電力線

111 受信部

113 増幅度制御器

114 A/D変換器



(20)

37

115 ウェーブレット変換  
 116 シンボル判定器  
 117 SSB復調器  
 118 直交復調器  
 121 電力線結合回路  
 122 制御部  
 200、300、400 帯域合成フィルタバンク回路  
 201、302、405 アップサンプラ  
 202 FIRフィルタ  
 203 FIRフィルタ群  
 204、303、322、406 2入力加算器

38

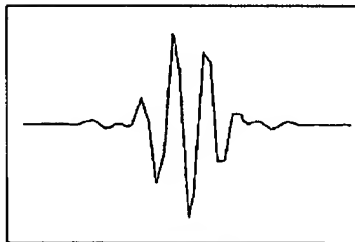
210、310、410 帯域分割フィルタバンク回路  
 211 FIRフィルタ  
 212 FIRフィルタ群  
 213、312、412 ダウンサンプラ  
 301、313 ポリフェーズフィルタ  
 304、311、402、407、411、415 遅延素子 (1サンプリング時間)  
 321 フィルタ  
 401、416 離散コサイン変換器  
 403、414 平面回転演算器  
 404、413 遅延素子 (2サンプリング時間)

【図1】

【図2】

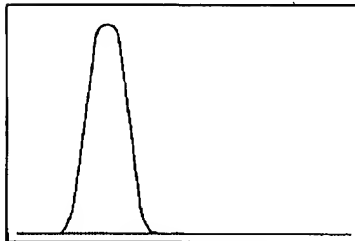
【図14】

(a)

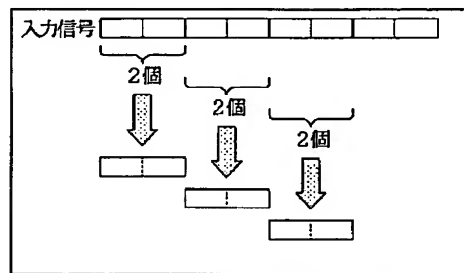


時間波形

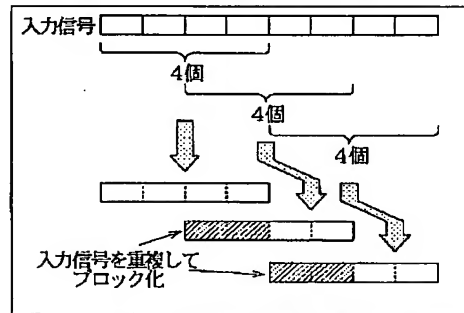
(b)



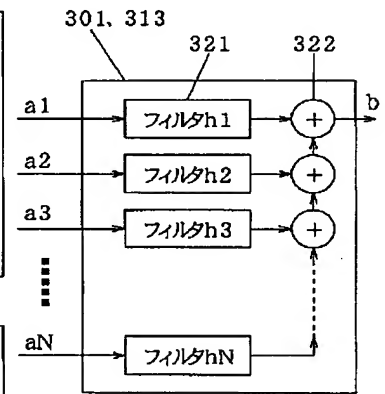
周波数スペクトル



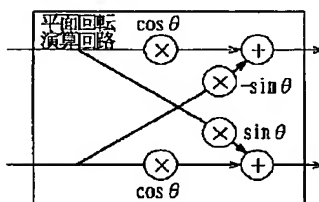
(a) フーリエ変換 (分割数2の場合)



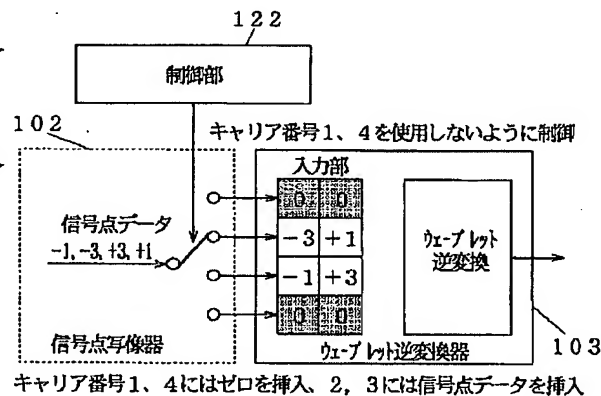
(b) ウェーブレット変換 (分割数2、重複度2の場合)



【図16】



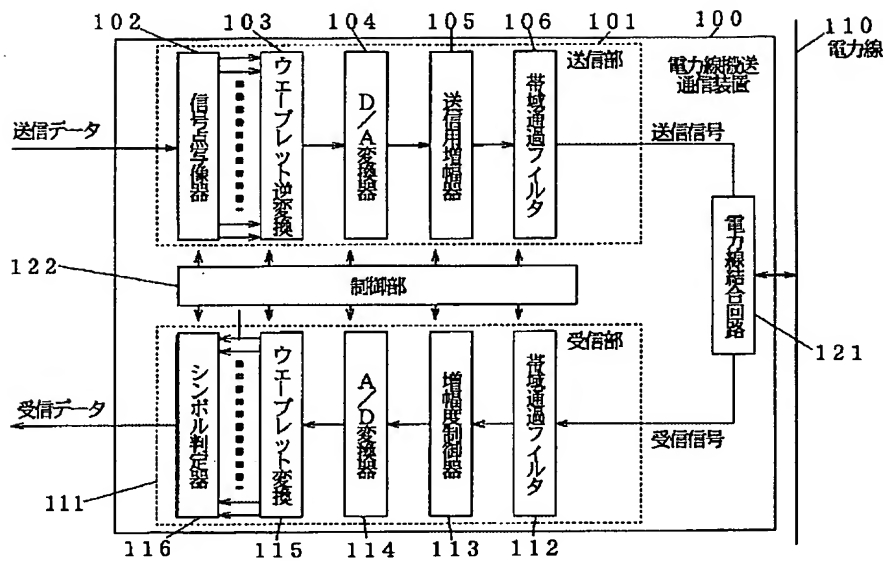
【図17】



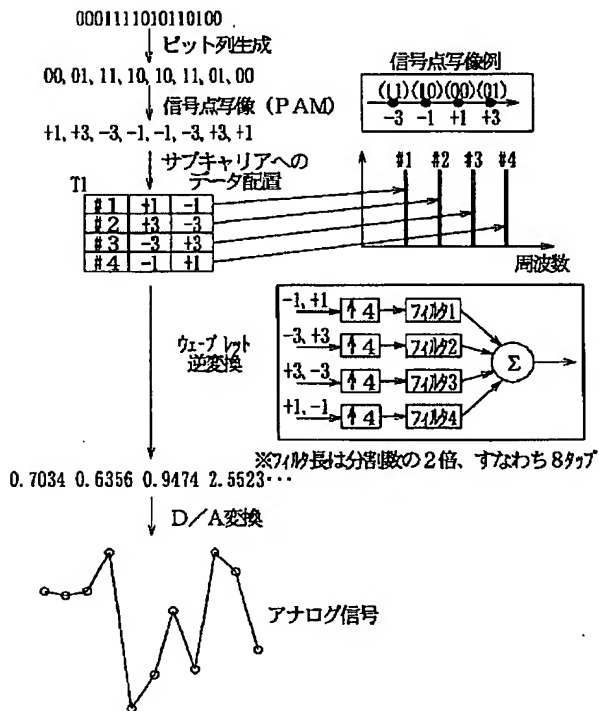


(21)

【図3】

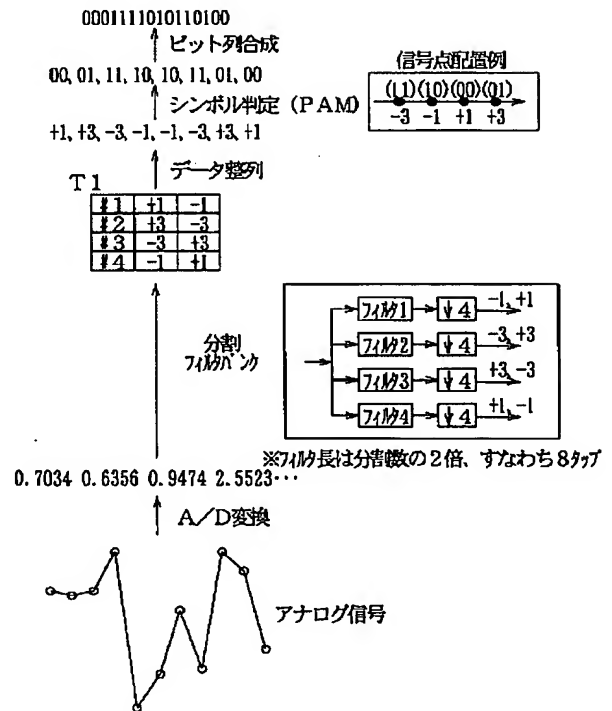


【図4】



(例) 4分割フィルバノにより4本のキャリアに2ビットずつ割り当てた場合

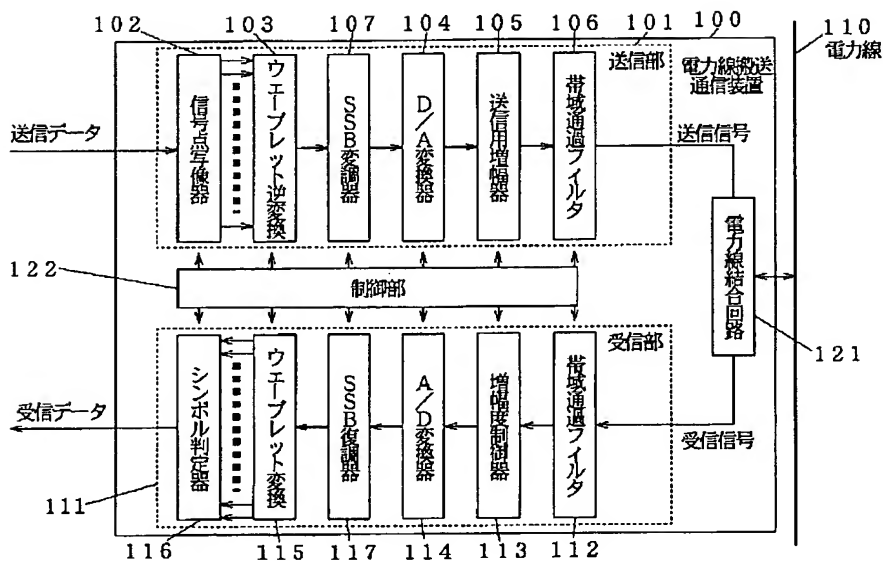
【図5】



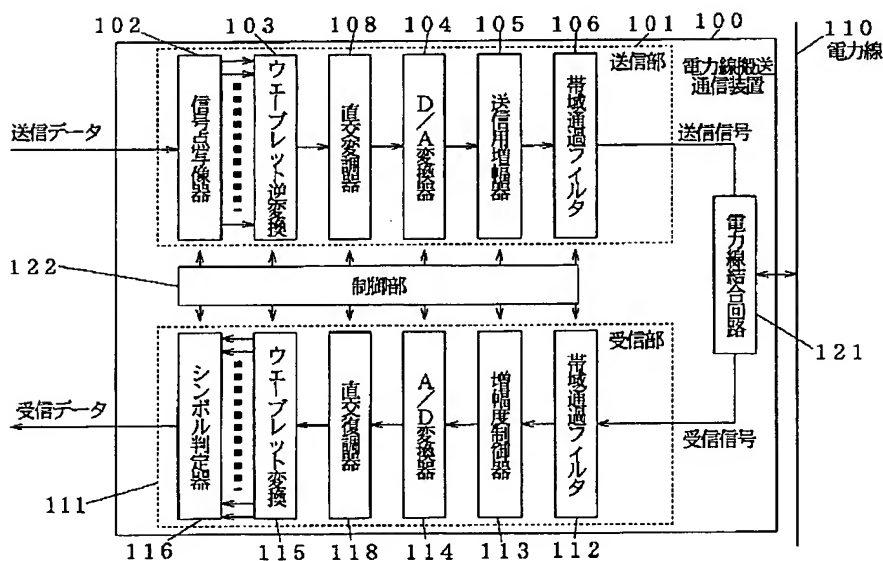
(例) 4分割フィルバノにより4本のキャリアに2ビットずつ割り当てた場合

(22)

【図 6】

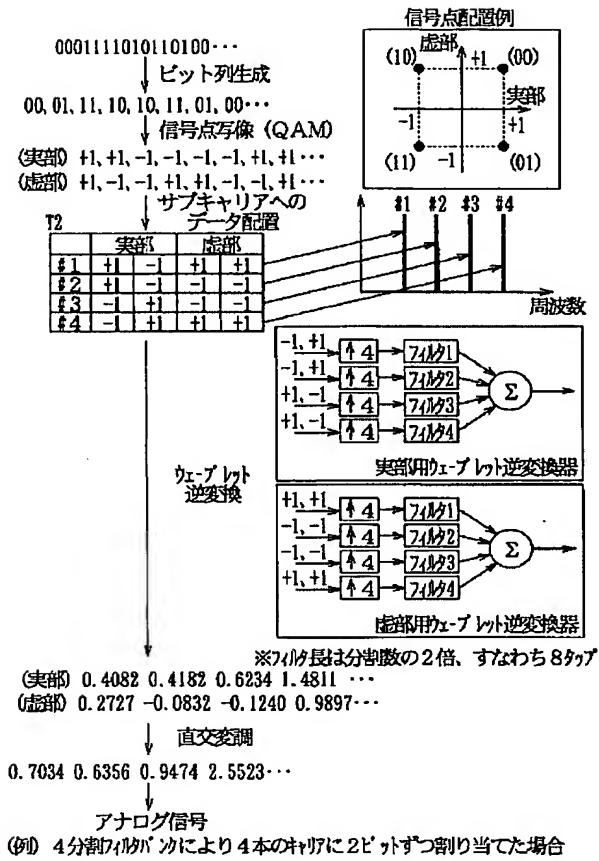


【図 7】

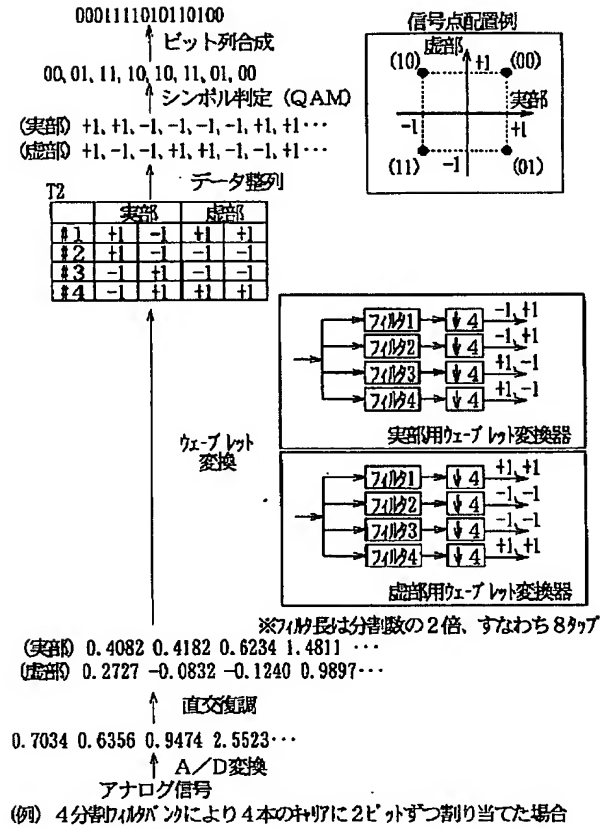


(23)

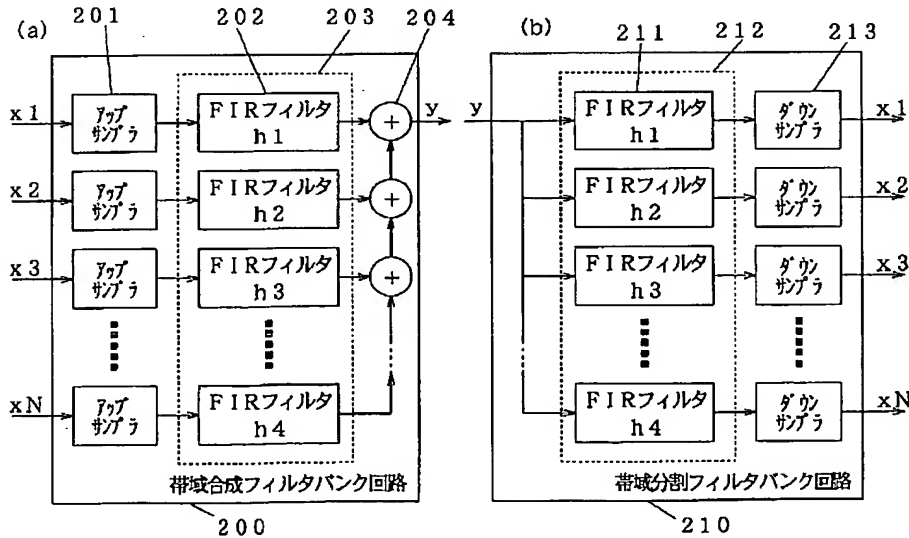
【図8】



【図9】

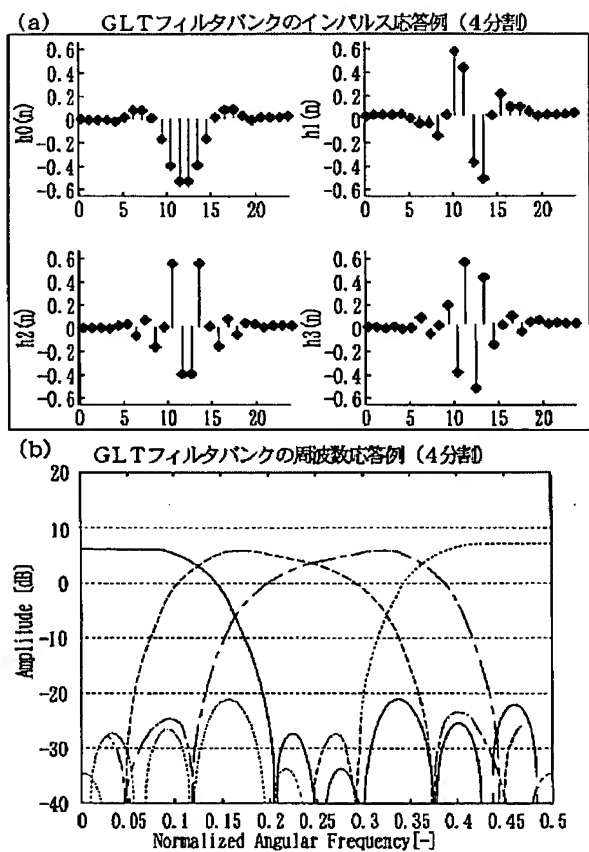


【図12】

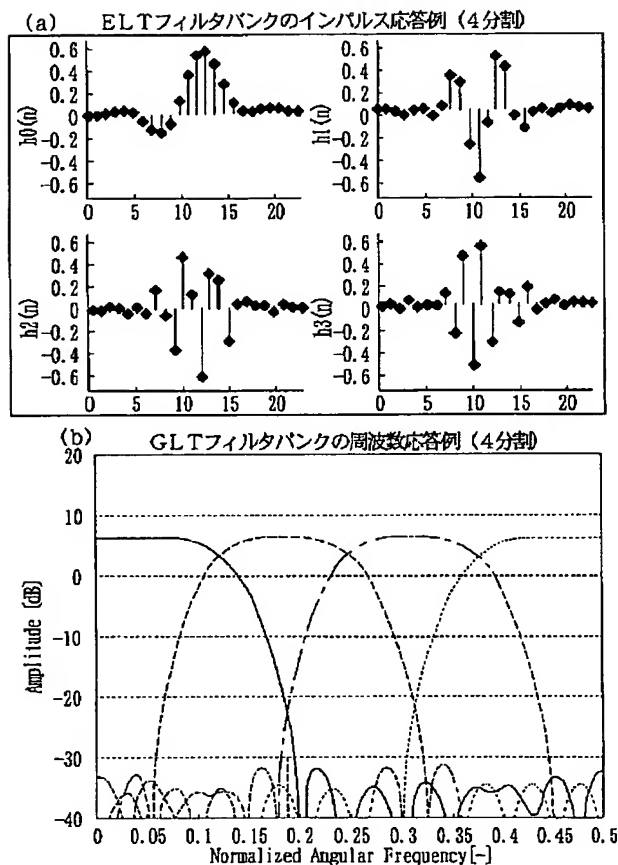


(24)

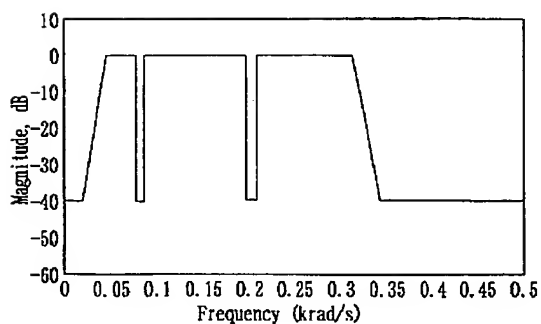
【図10】



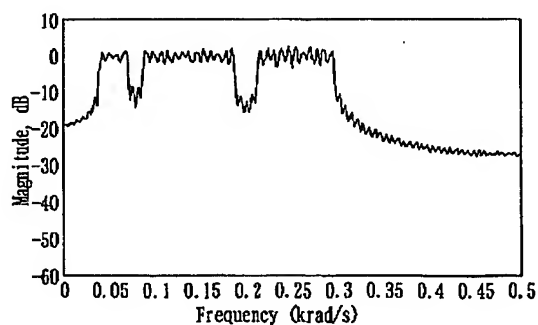
【図11】



【図18】

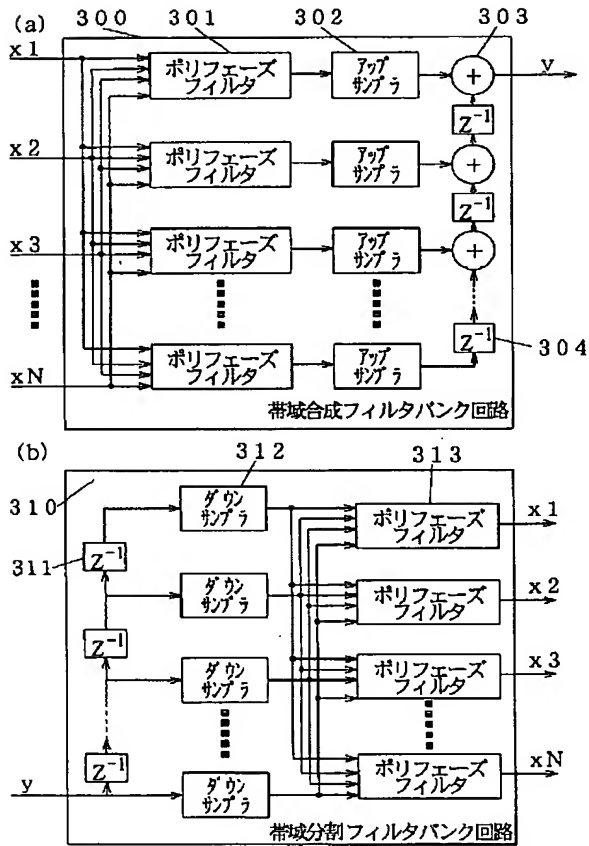


【図19】

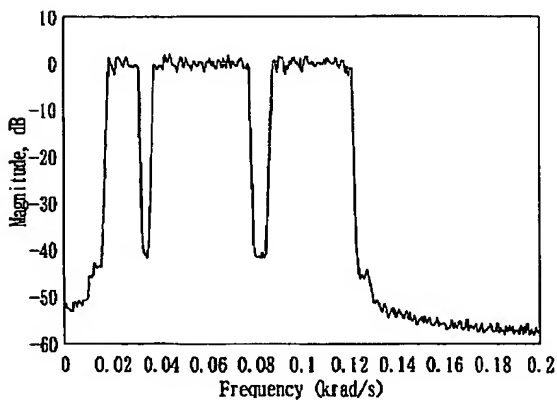


(25)

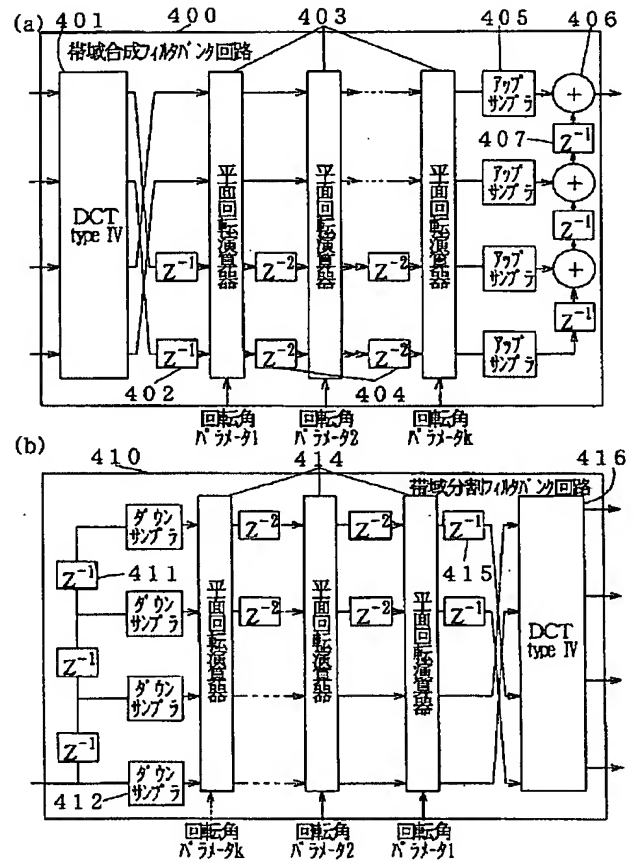
【図13】



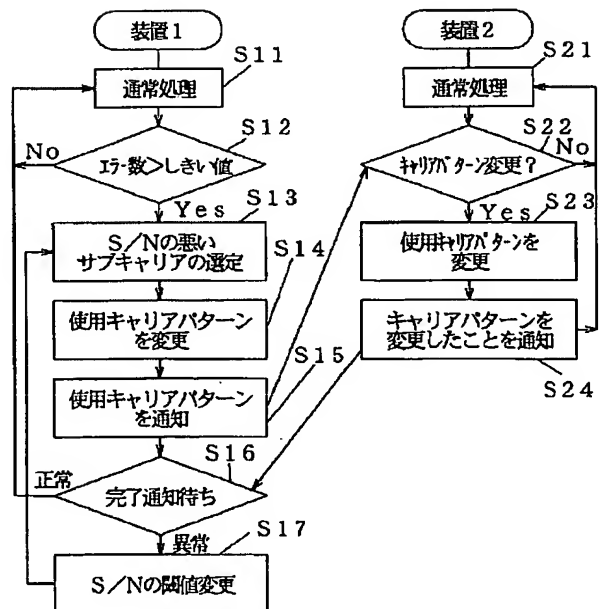
【図20】



【図15】

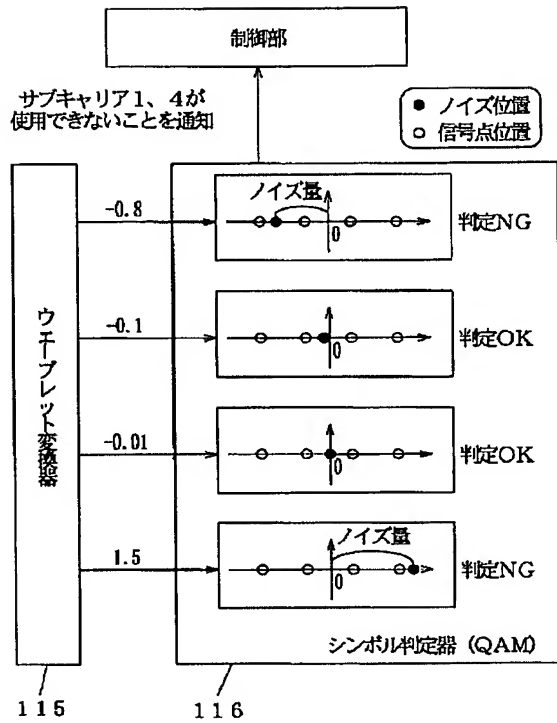


【図22】

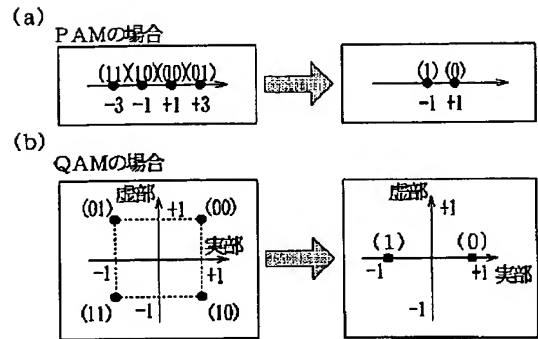


(26)

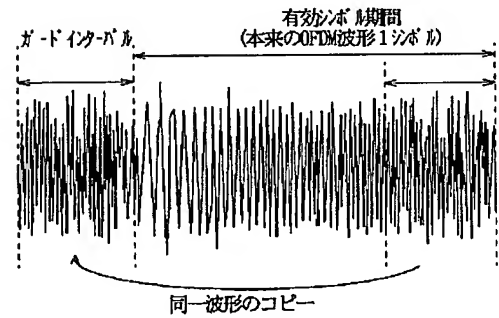
【図 2 1】



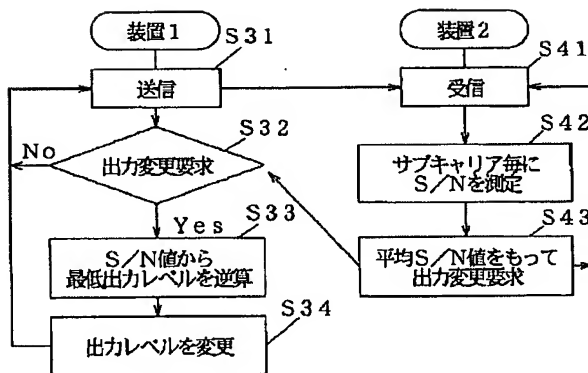
【図 2 3】



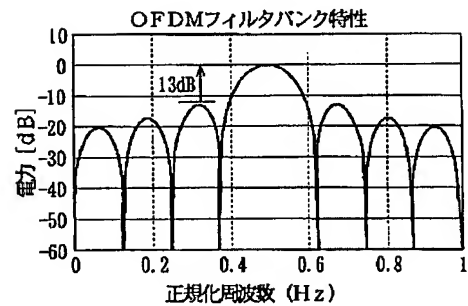
【図 2 6】



【図 2 4】

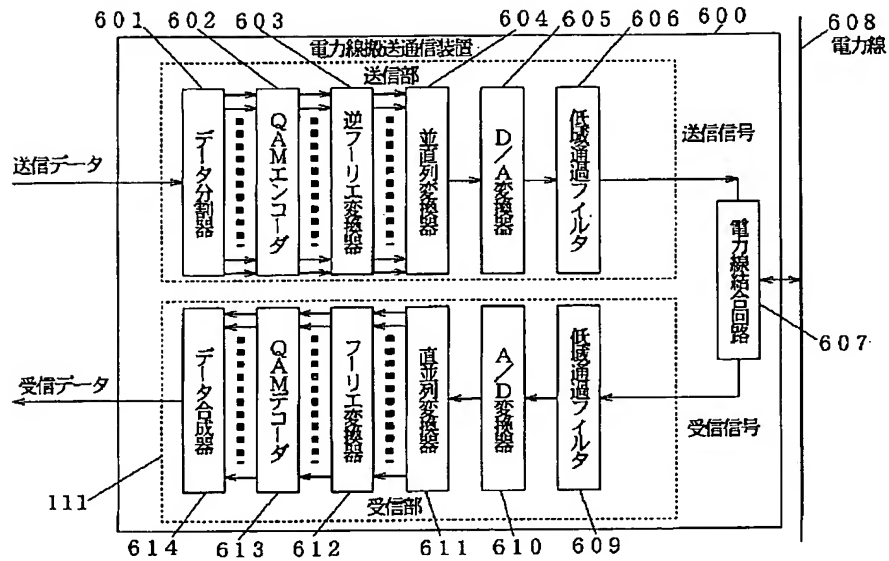


【図 2 7】



(27)

【図 25】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5K022 DD01 DD13 DD33  
 5K046 AA03 BB05 PP01 PP08 PS03  
 PS05 PS39



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**